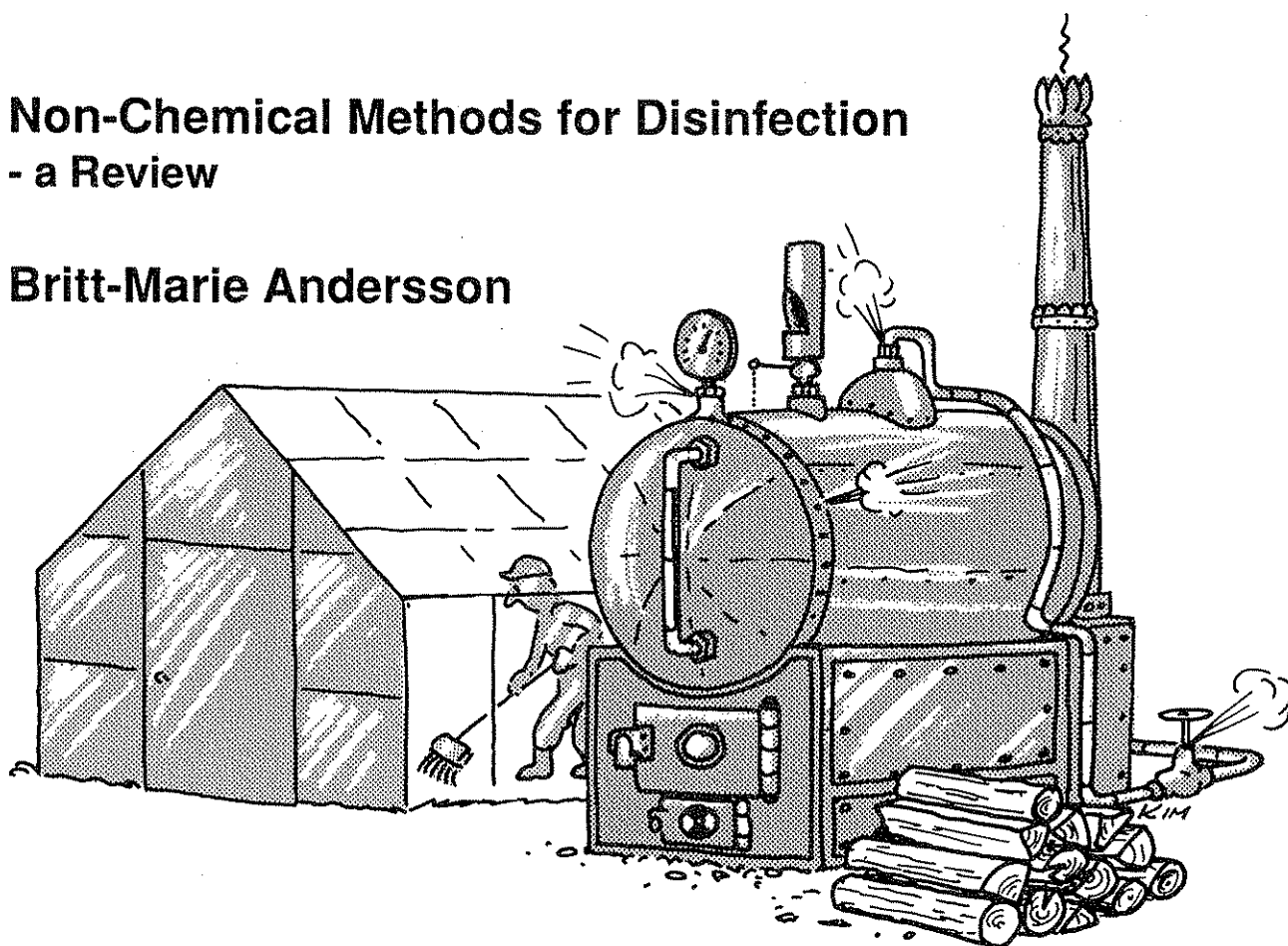


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

# **ICKE KEMISKA METODER FÖR SANERING OCH RENGÖRING - en litteraturstudie**

**Non-Chemical Methods for Disinfection  
- a Review**

**Britt-Marie Andersson**



---

**Institutionen för lantbruksteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 170**

**Report**

**Uppsala 1993**

**ISSN 0283-0086**

**ISRN SLU-LT-R--170--SE**

---

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK,  
Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande Institutionen för lantbruksteknik		Dokumenttyp Rapport	
		Utgivningsår 1993	Målgrupp F & R
Författare/upphov Andersson, B-M.			
Dokumentets titel Icke kemiska metoder för sanering och rengöring - en litteraturstudie Non-Chemical Methods for Disinfection - a Review			
Amnesord (svenska och /eller engelska) soil disinfestation, soil sterilisation microwave radiation steam, steam chambers hot water high-pressure cleaning non-chemical methods recirculated drainwater			
Projektnamn (endast SLU-projekt)			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för lantbruksteknik Rapport nr 170		ISBN/ISRN SLU-LT-R--170- -SE ISSN 0283-0086	
Språk Svenska	Smf-språk Svenska, engelska	Omfång 55 s	Antal ref. 60

Postadress

Besöksadress

Telefonnummer

Telefax

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Utlunabiblioteket, Förvärvsavdelningen/LANTDOK  
Box 7071  
S- 750 07 UPPSALA  
Sweden

Centrala Ultuna 22 018-67 10 00 vx 018-3010 06  
Uppsala 018-671103

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SUMMARY .....	1
FÖRORD .....	2
SAMMANFATTNING .....	3
INLEDNING .....	5
VÄRMETOLERANS .....	6
MIKROVÅGOR .....	8
Mikrovågors påverkan på biologiskt material .....	9
Användningsområden .....	10
RENING AV ODLINGSUBSTRAT .....	13
Jord .....	13
Mikrovågor .....	13
Markfukt och jordart .....	15
Effekten på CO <sub>2</sub> -produktionen .....	18
Effekter på N-mineralisering .....	18
Selektivitet .....	19
Effekten på frö och ogräs .....	20
Ångning .....	22
Markfukt, jordart och bearbetning .....	23
Temporärt nedgrävda rör .....	23
Ångning via dräneringsrör .....	23
Ångning under plasttäckning .....	24
Undertrycksmetoden .....	24
Jämförelse mellan olika ångningsystem .....	25
Energi .....	27
Jord i bulkvara .....	27
Jord i markbädd .....	28
Kommentar .....	29
Artificiellt substrat .....	30
Stenull .....	30
Mikrovågor .....	30
Gammastrålning .....	31
Ångning .....	32
Ångning på plats .....	32
Containerångning .....	34
Enpallsystem .....	34
Flerpallsystem .....	34
Recirkulation av stenullsmattor .....	35
Perlite .....	36
Återanvändning och rening .....	37
SANERING AV VÄXTHUS, ARBETSMATERIAL M M .....	38
Vatten .....	38
Hetvattenbad .....	38
Högtryckstvätt .....	39
Maskiner .....	41
Ånga .....	41
Norsk försökskammare .....	42

Värmekammaren Kverken .....	42
Värmekammare för container m m .....	42
Jonisering .....	43
Partikeldynamik .....	43
Teknik .....	43
Jonisering av luft i stallar .....	44
Jonisering av luft i tomatodling .....	44
Vattenrening .....	45
Mekaniska metoder .....	45
Filter .....	45
Ultraljud .....	46
Värme .....	46
Strålning .....	47
Gammastrålning och röntgenstrålning .....	47
Ozon-rening .....	47
Ultraviolet-ljus .....	48
Biologiska filter .....	49
DISKUSSION .....	50
LITTERATURFÖRTECKNING .....	52
Personliga meddelanden .....	55

## SUMMARY

A growing consciousness of health hazards in using and handling chemical substances for commercial horticulture has created a need for non-chemical methods as a means of control and disinfection.

This report is a review of the use and experience of different non-chemical methods.

Some new methods which are being developed are microwaves, gamma radiation and ionization. Old methods like the use of steam for disinfection have been improved. They are more energy-efficient and less time-consuming.

The possibility of using microwave energy to disinfect growing substrate, both soil and artificial material, is being researched. It is a low-energy and less time-consuming method when it comes to sterilizing soil. Satisfactory results have been documented. The technology has yet to be developed to fit the needs of commercial horticulture.

When artificial substrate, rockwool, was treated in a microwave oven it resulted in an unequal distribution of heat in the rockwool and there was a limited temperature range in moistened rockwool. Rockwool treated with RF-waves was however sufficiently disinfected.

The use of steam for sterilizing soil is a well-known method. A new system with negative pressure is being developed. This system is more efficient than drain-steaming and steam applied under a plastic cover.

Recycled rockwool is satisfactorily sterilized in containers heated by steam in many countries including Holland.

The advantage of preventing problems by maintaining highly hygienic standards must not be underestimated. Different methods of cleaning the equipment are available, e.g. steam chambers for cleaning equipment, pot trays, recycled pots etc as well as hot water baths for disinfection of pot trays.

Continuous cleaning of greenhouse buildings, coverings and fixtures with high-pressure and hot water is another way to forestall problems. Even the tables should be cleaned with high-pressure when possible.

Recirculated drain water and nutrients are a main source of infection. There are different methods to sterilizing the solution, e.g. UV-light, ultra filtration, heating or biological filters.

## FÖRORD

Denna rapport utgör en del av ett projekt om möjligheterna att minska behovet av kemiska åtgärder i odlingen och att använda icke-kemiska metoder vid sanering och desinfektion av odlingssubstrat, växthusbord och dylikt. Projektet bedrivs av Avdelningen för park- och trädgårdsteknik vid Institutionen för lantbruksteknik.

Rapporten är en litteraturstudie gjord för att kartlägga olika icke-kemiska sanering- och rengöringsalternativ som tillämpas inom och utom landet och erfarenheter från dessa metoder.

Arbetet har kunnat genomföras genom anslag från Kemikalieinspektionen.

Jag vill tacka min handledare Berit Mattsson för all hjälp och uppmuntran under arbetets gång.

Övriga reovisningar från detta projekt är publicerat i SLU Info/Trädgård rapporter:

\* Britt-Marie Andersson. 1992. Sanering av växthus med högtryckstvätt. SLU Info/Trädgård rapporter, Trädgård 373. 1992. 30 s.

\* Hans Bjärstål. 1993. Förebyggande åtgärder för att minimera kemisk bekämpning i växthus. SLU Info/Trädgård rapporter (under publicering).

Alnarp i februari 1993

Britt-Marie Andersson

## SAMMANFATTNING

En ökad medvetenhet om riskerna vid användning och hantering av kemiska preparat, har fått som följd att efterfrågan på icke-kemiska sanerings- och rengöringsmetoder har aktualiserats. Samtidigt ställs större krav på trädgårdsodlingen att minimera påverkan på den yttre miljön t ex genom recirkulerande system och återanvändning av artificiellt substrat.

Denna litteraturstudie är genomförd för att undersöka vilka icke-kemiska sanering- och rengöringsmetoder som finns dokumenterade.

Forskning pågår dels på tekniker som redan används inom trädgårdsnäringen, som olika sätt att utnyttja ånga vid rengöring av odlingssubstrat, arbetsmaterial m m. Men det pågår även forskning på områden där man ännu inte löst det praktiska genomförandet, här kan nämnas rengöring med hjälp av gammastrålning och med mikrovågor.

Saneringen genomförs för att minska smittotrycket på växtligheten under kulturtiden. En väl genomförd sanering är en viktig förutsättning för en lyckad odling. Skall man lyckas med en icke-kemisk sanering måste man hålla nere smittotrycket under hela odlingssäsongen. Ökad hygien och andra förebyggande åtgärder är viktigt.

Möjligheten att använda sig av mikrovågor för att sanera odlingssubstrat undersöks. Metoden anses möjlig vad gäller sållad, lös jord med en viss fukthalt. Att rena jord med mikrovågor är en energisnål metod. En produktanpassning av mikrovågsugnar till trädgårdsodlingen återstår både tekniskt och ekonomiskt.

Att rena artificiellt substrat, vid återanvändning, med mikrovågor finns det inga positiva resultat från. Däremot anses det möjligt att använda sig av radiovågor för att sanera artificiellt substrat.

En vidare utveckling av den beprövade metoden att ånga jord har lett till en ångningsmetod med undertryck. En permanent anläggning med rör grävs ner och ansluts till en fläkt som suger ut luften. Metoden är effektivare och energisnålare än andra ångningsalternativ.

I Holland återanvänds stenußmattor i större utsträckning än i Sverige. Stenußmattorna kan ångas i en container. Det finns containrar både i mindre skala, för en pall i taget, och i större skala där det finns plats för flera pallar med stenußmattor samtidigt. Det går även att ånga stenußmattorna på plats eller i högar på växthusgolvet under en presenning.

I England odlar man även i perlite. Forskning pågår för att finna en rationell metod att sanera perlite för återanvändning. Man har provat radiovågor, ånga m m. Möjligheterna till återanvändning och rening av perlite bedöms positiva.

Att utnyttja hett vatten på olika sätt vid en sanering eller rengöring har provats och används i olika sammanhang. Hetvattenbad för rengöring av brätten är en metod som rapporterats från Tyskland. Att hetvattentvätta växthus mellan kulturomgångarna genomförs i Holland med bra resultat.

Ånga används inte bara för att rengöra odlingssubstrat. Olika värmekamrar har konstruerats och provats i olika länder. I dessa värmekamrar desinfekteras containrar, brätten, krukor, redskap m m.

Recirkulerande dräneringsvatten och näringslösning innebär en stor smittorisk för hela odlingen. Flera tekniker för att rena vatten och näringslösning finns dokumenterade. Exempel på tekniker är ozon, UV-ljus, ultrafiltrering, biologiska filter och uppvärmning.



## INLEDNING

Dagens intensiva och ofta monokulturella odling är känslig för angrepp av skadeinsekter och sjukdomar. Kraftiga kemiska preparat används i syfte att sanera före kulturstart och för att åtgärda problemen under kulturtiden. Preparaten används ibland slentrianmässigt i förebyggande syfte eller i rent oförstånd i situationer där ingen effekt uppnås. Arbetsmiljön påverkas, t ex diskuteras det om formaldehyder är carcinogent för människor, allergiska eksem är vanligt förekommande vid arbete med formalinlösningar osv. Den omgivande miljön belastas och kostnaderna blir kanske onödigt höga. Det finns flera skäl till att rannsaka användningen av kemiska preparat.

Från flera håll kommer nu önskemål om icke-kemiska sanering- och rengöringsalternativ t ex från odlare, Kemikalieinspektionen och konsumenter. Svårigheten med att ersätta ett kemiskt preparat är att man inte kan byta direkt mot ett icke-kemiskt alternativ. Det krävs ett alternativt tänkande som innefattar hygienprogram, biologisk bekämpning, ett större kunnade om sjukdomars orsak, skadedjurens livscykel och levnadsvillkor m m.

Man kan inte se saneringen som en isolerad företeelse i odlingen utan hänsyn måste tas till byggnadernas konstruktion, möjligheten till biologisk bekämpning, kulturens känslighet m m. För att lyckas med en minskad användning av kemikalier i odlingen krävs förändringar inom flera områden.

Detta är en litteraturstudie över alternativa metoder att rena odlingssubstrat, växthus och arbetsmaterial. Syftet med studien är att kartlägga olika metoder och dess effekter samt ta del av den erfarenhet som redovisas i litteraturen.

## VÄRMETOLERANS

Desinfektion innebär en reduktion av mängden mikroorganismer till under det antal som behövs för att framkalla en sjukdom. En fullständig avdödning av samtliga mikroorganismer kallas sterilisering. Båda tillstånden kan uppnås genom fysikalisk påverkan som värme eller strålning i form av UV-ljus eller joniserad strålning.

Levande organismer har mycket varierande värmeterans. De flesta jordsvampar avdödas vid 39-46 °C under 30 minuters behandling medan det finns kända undantag som överlever en temperatur på 70-74 °C. Ju högre fukttinnehåll desto större effekt har en värmebehandling på levande material. Avdödning genom högre temperaturer beror på denaturering av proteiner (Baker, 1962).

Bollen (1969) har undersökt överlevnadsgraden hos svampar, bakterier och aktinomyccer (en typ av bakterier som bildar förgrenade utskott) i jord som uppvärmts till olika temperaturer under 30 minuter.

Resultatet av undersökningen blev bl a att de patogena svamparna ofta var värmekänsliga och att en pastörisering av jord därför skulle ge ett önskvärt resultat. För att kunna välja pastöriseringstemperatur måste hänsyn tas till värmeteransen hos så väl den patogena som den icke-patogena mikrofloran. Den icke-patogena mikrofloran kan agera som konkurrent om näringen, antibiotikaproducent eller som "hyperparasit".

Bollen (1969) visar vidare att bakterier och aktinomyccer klarar av högre temperaturer, detta gäller främst i temperaturområdet 60-80 °C. Detta förklaras med att de värmeteranta bakterierna bildar sporer.

Värmebehandlingen visade sig även få den effekten att vissa svampar, askomyccer inte påträffades förrän efter en värmebehandling på 55 °C eller mer. Detta förklarades med den av värmen avbrutna sporvilan hos askomyccer och/eller den minskade konkurrensen från icke värmeterliga svampar (se tabell 1).

Tabell 1. Värmetoleranse hos några patogener vid 30 minuters värmebehandling (Bollen, 1969).

Patogen	värdväxt	45.0 °C	47.5 °C	50.0 °C	52.5 °C	55.0 °C	57.5 °C	60.0 °C
<i>Cylindrocarpon destructans</i> *	cyclamen	+	+	-	-	-	-	
<i>Didymella lycopersici</i> *	tomat	+	+	-	-			
<i>Fusarium oxysporum</i>	freesia			+	+	+	+	-
<i>F. redolens</i>	nejlika			+	+	+	+	-
<i>Phialophora cinerescens</i>	nejlika		+	+	+	-	-	
<i>Phytophthora cryptogea</i> *	gerbera	+	+	-	-	-		
<i>Pythium irregulare</i>	ärt	+	+	+	-			
<i>P. ultimum</i>	ärt	+	+	-	-			
<i>P. sp.</i> *	spenat	+	+	+	-			
<i>Rhizoctonia sp.</i> *	cyclamen		+	+	-	-	-	
<i>R. solani</i> *	tomat		+	+	-	-	-	
<i>Thielaviopsis basicola</i>	cyclamen	+	-	-	-			
<i>Verticillium albo-atrum</i>	potatis		+	+	-	-	-	
<i>V. dahliae</i>	tomat			+	+	+	-	-

Värmetoleransen hos de patogener som är markerade med \* är både beräknad för renkulturer i jord och för sjukt växtmaterial begravt i jord före behandling, övriga endast för renkulturer i jord,

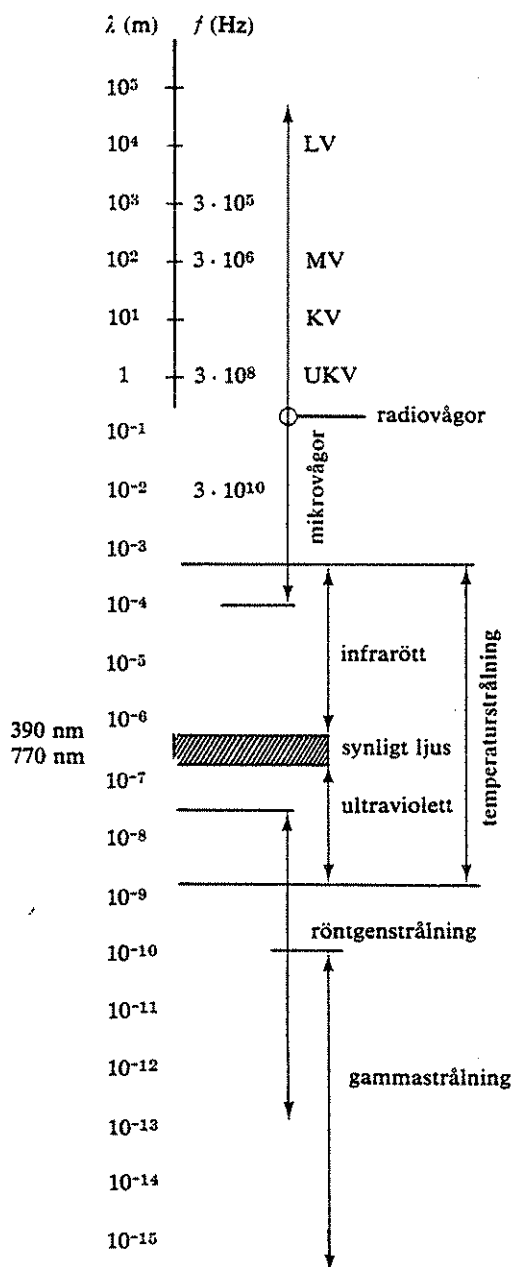
+ = överlevt behandling

- = avdödat

Temperaturerna är angivna med +/- 0.2 °C marginal.

## MIKROVÅGOR

Detta avsnitt om mikrovågor är med för att ge en bakgrund till användningen av mikrovågsenheter vid sterilisering av jord etc. Mikrovågor tillhör de elektromagnetiska vågorna, vilka är en typ av vågrörelse där energin pendlar mellan elektriska och magnetiska fält (Svennebrink).



De elektromagnetiska vågorna spänner över ett stort område, från elkraft till röntgen- och partikelstrålning (se figur 1).

Mikrovågorna ligger i mitten av våglängdsområdet, 1 meter till 1 millimeter. Mikrovågor mäts även i frekvens, antal perioder per tidsenhet med enheten Hertz (Hz), perioder per sekund. I motsats till gamma- och röntgenstrålning är mikrovågor av icke-joniserande strålningstyp. Icke-joniserande vågor orsakar vid tillräcklig intensitet en ökning av temperaturen medan joniserande strålning orsakar kemiska förändringar utan signifikativ temperaturökning. (van Assche & Uytterbroeck, 1983)

Ett ämne som dämpar mikrovågor kallas för ett dielektrikum. I ett sådant ämne finns partiklar som inte är helt neutrala; joner, elektroner, atomkärnor eller dipoler. Dipoler är molekyler med ena änden positivt laddad och andra änden negativt laddad. Dipolerna är slumpvis orienterade och ligger stilla så länge ingen spänning är pålagd. När ett elektriskt fält läggs på börjar dipolerna att orientera sig i fältets riktning. När fältet ändrar riktning vandrar jonerna tillbaka och dipolerna orienterar sig på nytt. Denna ordnade svängning omvandlas till en oordnad värmerörelse genom friktion mot omgivande delar av materialet.

Figur 1. Elektromagnetiska vågor (Ekbom, 1976).

Konventionella värmesystem värmer först upp ytan och sedan värms resten av mediet upp genom värmeledning. Detta uppvärmningssätt medför en del nackdelar, som att det kan vara en långsam och därmed tidsbestämmande process. Dessutom krävs en högre temperatur vid mediets yta, vilket kan leda till problem med överhettning. Mycket av värmen vid en konventionell uppvärmning är lagrad i ämnet och i utrustningen vilket innebär energiförluster.

Mikrovågor används i många sammanhang inom industrin vid klisterhärdning, regummering, plasthärdning, spannmålstorkning, inom sjukvården, vid radar-kommunikation m m.

Beroende på vilken våglängd som eftersöks skapas vågorna enligt olika principer. Används radiovågor (RF-vågor) vid uppvärmning alstras vågorna med hjälp av en kondensator. Två plattor kallade elektroder gjorda av icke magnetiska metaller, som aluminium, mässing, koppar eller rostfritt stål, kopplas till en högfrekvensgenerator som matas med växelspanning.

Mikrovågor skapas i en generator, antingen en magnetron eller klystron. Båda två är elektronrör och behöver högspänning för att arbeta.

För att användarna inte skall störa varandra har det internationellt bestämts att mikrovågsuppvärmning endast får förekomma inom speciella frekvensband s k ISM-band, Industrial Scientific Medical. Tillåtna frekvenser är 915 MHz  $\pm$  25 MHz och 2450 MHz  $\pm$  50 MHz. I Sverige är 2450 MHz generellt tillåtet för mikrovågsuppvärmning medan tillstånd krävs av Televerket för användning av 915 MHz.

### **Mikrovågors påverkan på biologiskt material**

Den mest uppenbara effekten på biologiskt material är den orsakad av uppvärmningen. En del anser att det enbart är värmen som avdödar medan andra hävdar att det finns atermiska effekter av mikrovågor. Moosemann & Koch (1988) anser att de atermiska effekterna bara verkar vara viktiga i de fall där strålningsintensiteten är låg.

Att undersöka de atermiska effekterna av mikrovågor är komplicerat då det är svårt att kyla proverna. Vattnet i proverna är en substans med hög dielektrisk konstant, vilken är ett mått på förmågan att lagra energi från elektriska fält.

Lechowich et al (1969) beskriver ett experiment där fotogen används som kylmedel. Deras ambitioner till trots kom provet upp i en temperatur på 52 °C efter 30 minuters bestrålning (2450 MHz, 1.5 kW). När provet behandlades med direkt värme till 52 °C blev resultatet likvärdigt. Lechowich et al avslutar rapporten med slutsatsen att den behandlade mikroorganismen (*S. faecalis*) inte påverkats på något annat sätt än termiskt.

Mayers & Habeshaw (1973) skriver i sin artikel att det inkommit rapporter om biologiska effekter vid experiment med bl a möss som inte har med värme att göra. De anser att resultaten från deras experiment visar att en frekvens på 2450 +/- 25 MHz och att en adsorberad energinivå på 50 mW/cm<sup>2</sup> hämmar fagocyter, ätceller i blodet. Depressionen är tillfällig och upphör då bestrålningen slutar. Denna energinivå skadar däremot inte de röda blodkropparna, det produceras inte heller någon påvisbar morfologisk förändring i makrofagerna. Rapporten avslutas med att man inte vet den precisa orsaken till atermiska påverkan av mikrovågor.

Atermiska effekter är viktiga att beakta inte minst vad gäller säkerheten för användaren av mikrovågsaggregatet. Mikrovågor påverkar potentialen i nervmembranen hos människan. En analys av fältstyrkor på 100 W/m<sup>2</sup> visar att detta som mest kan ge upphov till en potential på 1mV vilket kan jämföras med membranens vilopotential på ca 70 mV. (Berndt & Söderhjelm)

Hälsorisker för människor inkluderar grå starr och testikelcancer. Arbetarskyddsstyrelsen har satt gränsvärde för användning av högfrekventa elektromagnetiska fält, vid 2450 MHz är det under en sekund max 300 V/m och under en godtycklig sex-minutersperiod max 60 V/m (Arbetarskyddsstyrelsen, 1987).

### Användningsområden

I USA gjordes på 1950-talet försök med att minska spridningen av *Heterodera rostockinensis* Wr, en cystformerande nematod som orsakar den gyllene nematodsjukan hos potatis. Smittan spreds genom besmittade potatissäckar av grov segelduk. Man ville finna en alternativ metod till att röka säckarna med metylbromid.

Man visste att larverna i cystform kunde dödas med hett vatten, 100 °C i fem minuter. Att använda hett vatten sågs dock inte som ett realistiskt alternativ p g a svårigheten att torka säckarna.

Försök utfördes där säckarna lades i balar och upphettades med hjälp av dielektrisk uppvärmning. Säckarna placerades på ett löpande band och fick passera under stora elektroder. Resultatet blev en djup, snabb och uniform penetrering av säckarna. En temperatur på 200 °C uppmättes hos säckarna. Säckarna värmdes upp utan att de yttersta lagren brändes.

Tekniken bedömdes som fullt möjlig i kommersiell skala men förkastades p g a den höga kostnaden. (Mai et al, 1958)

Vid universitetet i Sheffield har dielektrisk uppvärmning använts för att desinficera svampsubstrat. Mikrovågsuppvärmning har använts för att selektivt avdöda patogena svampar utan att skada nyttiga bakterier. Den exakta selektiva mekanismen är inte känd men en förklaring tror man att den snabba temperaturökningen är. Metoden anses vara effektiv, mångsidig och ekonomisk och är ett bra alternativ för trädgårdsvärlden och dess behov av rationell behandling av substrat i bulkvara. (Diprose & Evans, 1988)

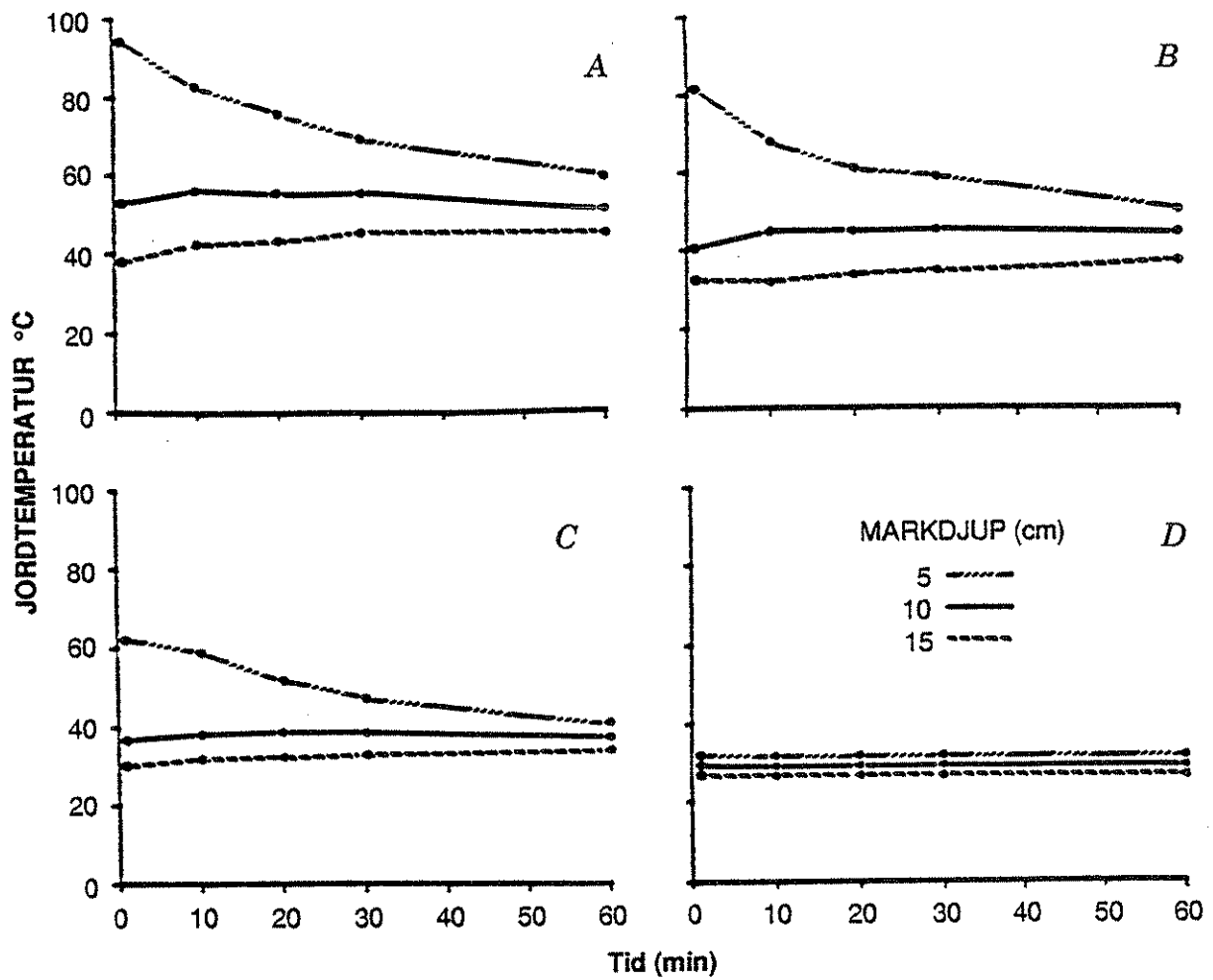
Substratet placeras på ett rullband och passerar parallella elektroder. Inställningen kan varieras genom att flytta elektroderna. Frekvensen 27.12 MHz (20 kW) valdes för att göra försöket lättare, mer kontrollerbart och för att få en större tillförlitlighet. Frekvensen är godkänd för användning i England. I detta exempel behandlades 750 kg/h tillfredsställande men kapaciteten beror på materialet. Temperaturstegringen i svampsubstratet var 0.35 °C/s då ett lager på 7.5 cm (djup) x 30 cm (bredd) x 6.1 m (längd) behandlades. Författaren kalkylerar med att med en effekt på 50 kW skulle det bli möjligt att behandla volymer på upp till 1500-2000 kg i timmen.

En något mer kritisk åsikt redovisar Ferris (1984). Han anser att mikrovågor är en relativt enkel, snabb och billig metod att pastörisera små mängder jord men han kan inte se någon storskalig kommersiell användning.

Det har även gjorts försök att sterilisera jord i fält. Ett aggregat med våglängden 2450 MHz användes. Meningen var att bestämma hur djupt ner man kan bekämpa förekomsten av nematoden *Rotylenchulus reinformis*, en vanlig rotparasit i tropikerna, med hjälp av mikrovågor.

Det visade sig att behandlingen var mest effektiv vid markytan. Då en lägre energinivå användes, 183 J/cm<sup>2</sup>, kunde nematoder på ett djup av fem cm bekämpas. När en högre energinivå användes, 732 J/cm<sup>2</sup>, lyckades man reducera nematoderna på ett djup av 10 cm. Ingen effekt kunde märkas på nematoder på 15 cm djup vid någon av energinivåerna.

Temperaturen i jorden uppmättes efter bestrålningen (se fig 2) (Heald & Wayland, 1975).



Figur 2. Jordtemperaturer uppmätta på 5, 10 och 15 cm djup vid olika energinivåer, tidsintervallet vid mätningen var upp till en timme. A 732 J/cm<sup>2</sup>, B 366 J/cm<sup>2</sup>, C 183 J/cm<sup>2</sup> och D är en obehandlad kontrolljord. (Heald & Wayland, 1975)



## RENING AV ODLINGSSUBSTRAT

I dagens intensiva och ofta monokulturella trädgårdsodling orsakar jordburna patogener problem. Den intensiva och enahanda odlingen gynnar de sjukdomsbärande mikroorganismernas tillväxt. Att behandla under kulturtiden kan både vara svårt och kostsamt. Det är bättre att angripa orsaken istället för att åtgärda följderna.

Att starta odlingen med ett rent substrat är en förutsättning för ett minskat bekämpnings- och saneringsbehov. Med ett rent substrat menas ett sterilt material fritt från skadedjur och sjukdomar eller ett substrat med en acceptabel nivå av dito.

Olika lösningar finns till problemet med ett rent odlingssubstrat. Vanligast har blivit att använda artificiellt substrat eller att rena substratet med kemikalier, värme eller ånga. (Moore et al, 1981)

### Jord

Den specialiserade odlingen med ökat sjukdom- och skadedjurstryck och kraven på minskad användning av kemikalier har ökat intresset för förebyggande åtgärder. Ökad hygien redan vid småplantstadiet genom att använda ren jord är ett exempel på detta.

Att blanda in kemikalier i jord och sedan låta kemikalierna förångas under ett plasttäck i 24-48 timmar har varit ett vanligt sätt att rena jord på. Jorden kan användas efter 24 timmar till sex veckor beroende på val av kemikalie. Den största nackdelen med kemikalier är att metoden urskillningslöst avdödar såväl skadliga som nyttiga organismer. (Moore et al, 1981)

En icke-kemiska metod för rening av jord som länge använts är ångning både vid bäddodling, markodling och av lös jord för inkrukning. Moore et al (1982) framhåller att ångning ger möjligheten till selektiv sanering och att jorden kan användas efter en relativt kort period men är en kostsam metod.

Vid jämförelse mellan olika metoder att sterilisera eller pastörisera växtsubstrat har mikrovågor rönt en del intresse.

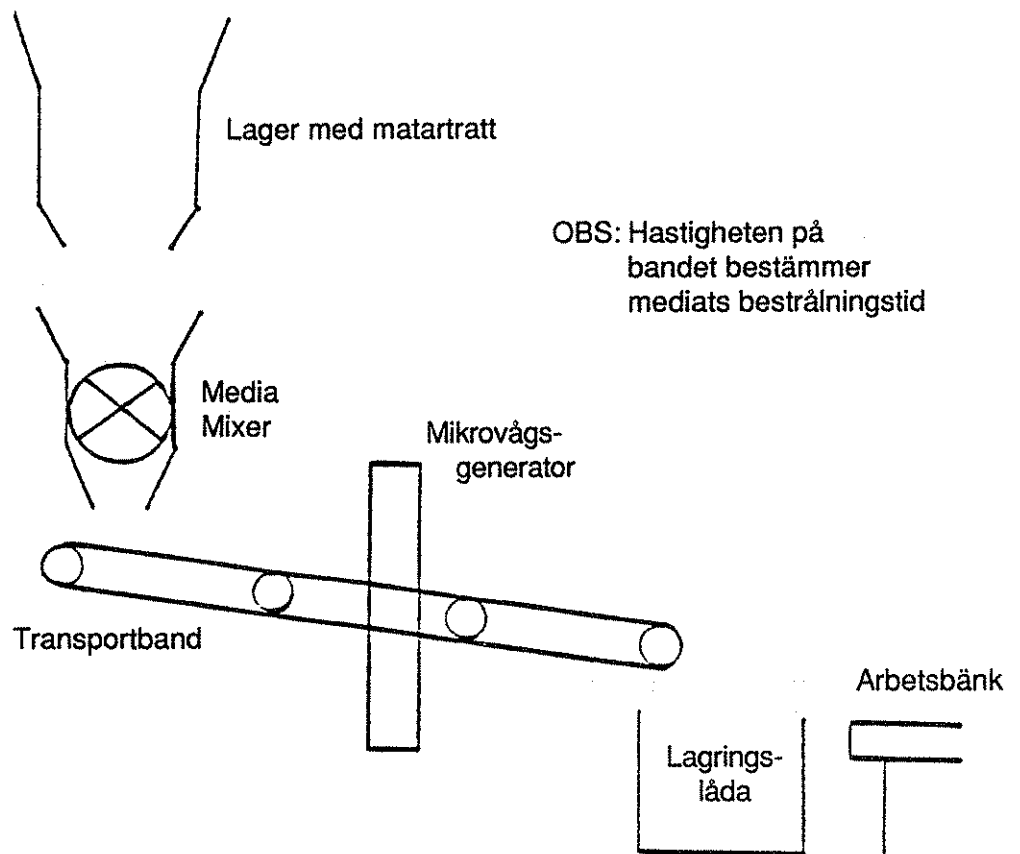
### Mikrovågor

Flera försök har varit inriktade på att pastörisera eller sterilisera jord med mikrovågor. Uppvärmningen är snabb och behandlingstiden kort vilket ger möjligheten till en kontinuerlig arbetsprocess (Moosmann & Koch, 1988).

Vid uppvärmning av substrat medelst mikrovågor är det vattenmolekylerna i substratet som värms upp. Genom ledning värms resten av materialet upp (Ferris, 1984). Värmeprocessen beskrivs av Moore et al (1982) som en ångning där ångan genereras inom substratet när tillräcklig mängd vatten finns närvarande.

Mikrovågorna penetrerar substratet till ett visst djup direkt. En dämpning sker av mikrovågorna i materialet och det innebär att ju längre in från ytan man kommer desto mindre återstår av mikrovågseffekten. I heterogena material kan värmegegeneringen vara ojämn beroende av de olika komponenternas adsorptionsförmåga (Moosmann & Koch, 1988).

Ett sätt att lösa problemet med en rationell behandling av jord för pastörisering eller sterilisering med mikrovågor presenteras av Moore et al (1982). En behållare med färdigblandad jord, helst sållad eftersom stenar kan dra åt sig mikrovågor och försämra effekten av behandlingen, placeras i linje med en tunnelugn. Jorden matas in i tunnelugnen med ett löpande band för mikrovågsbehandling och sedan vidare ut på en arbetsbänk. När rapporten skrevs var modellen inte provad i kommersiell skala och ingen utvärdering av energiförbrukning eller ekonomi redovisas (se fig 3).



Figur 3. Ett förslag på en rationell sanering av jord med mikrovågsugn i kedjan (Moore et al, 1982).

Man konstaterade att en mindre mängd näringsämnen frigjordes i jordlösningen vid mikrovågsbehandling jämfört med autoklavering och höggradig rökning med methyl-bromid-chloropicrin preparat. Mikrovågsbehandlingen hade mindre effekt på populationen av prokaryoter (bakterier, rickettsiae och mykoplasma inordnas

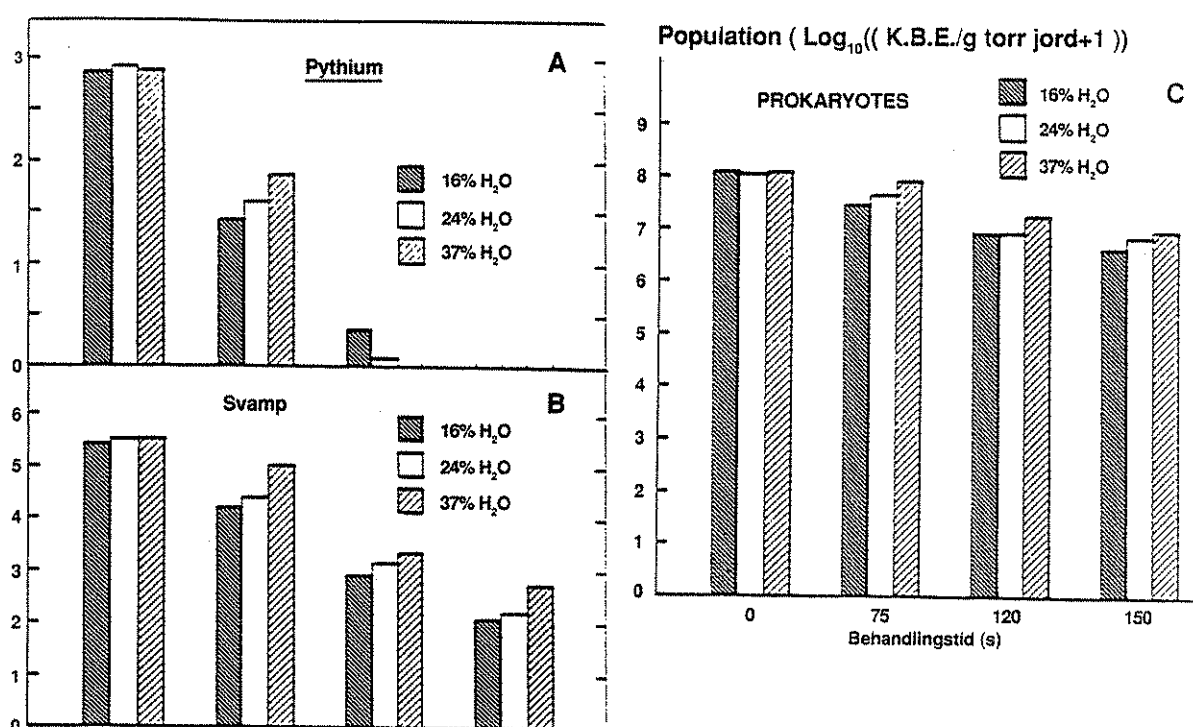
numera i "riket" Procaryóta (Nilsson & Åkerman, 1987)). Prokaryoter är encelliga mikroorganismer, två sorter av prokaryoter orsakar sjukdomar hos växter, bakterier och mykoplasma. Dessutom åter koloniserades jorden i mindre grad av *Fusarium* och andra svampar efter mikrovågsbehandlingen. (Ferris, 1984)

### Markfukt och jordart

Baker och Fuller (1969) försöker i sin rapport redogöra för betydelsen av markfukt och jordart i samband med en mikrovågsbehandling av jord. De fann en stark koppling mellan effektiviteten av mikrovågor och närvaron av vatten. De såg skillnaden mellan olika jordarters vattenhållande förmåga och den vattenhållande förmågan hos jordfraktioner (jfr sand och montmorillonitlera) som ett problem. Vid ett försök med olika jordarter blev temperaturökningen i en torr mo-mjåla lera under 5 sekunders uppvärmning (1.1 kW) hela 75 °C. I en kvartssand blev däremot temperatur ökningen bara 12.2 °C under samma uppvärmningsförhållanden. De menar att det i en inhomogen jord med nödvändighet blir stora temperaturskillnader beroende av hur ler- och sandmaterial är fördelat.

Denna temperaturdifferens påverkar effektiviteten av en behandling med mikrovågor. Vissa delar av jorden behandlas onödigt mycket medan en otillräcklig avdödning av patogener kan bli resultatet i andra delar.

Jordprover med olika fukthalter, 16, 24 eller 37 % (vatten/torrsvikt jord) bestrålades under olika långa tidsperioder, 75, 120 eller 150 sekunder. Efter bestrålningen undersöktes beståndet av *Phytium*, totala mängden svamp resp prokaryoter (bakterier, rickettsiae och mykoplasma inordnas numera i "riket" Procaryóta (Nilsson & Åkerman, 1987)). Alla populationerna reducerades med mikrovågsbehandling. De reducerades mer i de torrare proverna än i de fuktigare. Jordtemperaturerna i jordproverna direkt efter behandlingen korrelerade positivt med behandlingstiden och negativt med fuktinnehållet. Dessutom konstaterades att den torrare jorden svalnade snabbare än den fuktiga (se fig 4). (Ferris, 1984)



Figur 4. Innehållet av mikroorganismer i jord räknat i koloniformande enheter per gram torr jord en dag efter behandling. Tre fuktnivåer har undersökts för tre olika behandlingstider (Ferris, 1984).

Försök där bakterier och frystorkade jästceller bestrålades dels i närvaro av vatten och dels i torrt tillstånd visade att odlingarna i närvaro av vatten inaktiverades medan de i torrt tillstånd överlevde stora doser bestrålning (Vela & Wu, 1979).

Jordarten i sig verkar inte vara någon begränsande faktor vid avdödning av mikroorganismer. Men sambandet jordart och markfukt påverkar mikrovågornas penetreringsdjup och därmed grad av avdödning (Zagal, 1987).

Vid ett försök undersöktes olika jordarter vid olika relativ markfuktighet. Biologiskt material placerades på olika djup och bestrålades under olika tider med en mikrovågsenhet på 600 W och med våglängden 2450 MHz. Reflektionen av vågorna mot utrustningen minimerades med en träcontainer och buffrande jord.

Det visade sig att bestrålningstiden var den mest signifikanta faktorn medan förvirring uppstod då resultatet angående den relativa markfuktens innebörd skulle utvärderas. Två optimum vad gällde grad av avdödning och effekt i djupled kunde noteras. Ett vid 20 % relativ markfukt och ett vid 60 % relativ markfukt. Tendensen var tydligast i lerig sandjord (se tabell 2).

Tabell 2. Exempel på resultat vid försök med jordart och fukttinnehållet i jorden och dess betydelse för resultatet vid en mikrovågsbehandling. Tabellen anger den dödliga effekten i djupled (cm) som olika behandlingstider ger. Den undersökta mikroorganismen är *Rhizoctonia solani* (van Assche & Uyttebroeck, 1983).

Jordart	markfukt %	Behandlingstid, min				
		10	15	20	25	35
lerig sandjord	20	10	10	15	15	20
	40	5	10	10	10	15
	60	5	5	10	15	20
	80	0	5	5	5	10
sand	20	10	18	20	20	20
	40	8	10	20	20	20
	60	10	15	20	20	20
	80	5	10	10	15	20
lerjord	20	10	10	15	15	18
	40	5	10	10	15	15
	60	10	10	10	15	15
	80	0	5	5	5	5

De två optimumen förklaras med att mikrovågor vid den lägre fukthalten, 20 %, med full kapacitet kan penetrera till de djupare lagren just på grund av den lägre fukthalten. När den relativa fuktigheten når 40 % är vattenhalten i jorden en begränsande faktor för mikrovågspenetration, vilket leder till ett begränsat behandlingsdjup. Vid 60 % relativ markfukt är förhållandet mellan vatteninnehåll och dödlighet optimalt, vilket skulle vara förklaringen till det andra optimat. Om den relativa markfukten når 80% förhindrar adsorption och reflektion mikrovågorna att nå djupare lager än 5 cm. (van Assche & Uyttebroeck, 1983)

Genom att öka bestrålningstiden kan en djupare genomträngning uppnås till en viss gräns. Under bestrålningen avdunstar vattnet från de översta lagren och tillåter en djupare penetrering i den delen av profilen. På grund av jordens olika innehåll sker dock inte detta under hela bestrålningstiden. (van Wambeke et al, 1981)

Vid försök med rot-röta visade det sig att temperaturökningen var likartad i substrat som innehöll en låg eller medelhög halt av fukt. Den lägre adsorptionsgraden i den torrare jorden kompenseras av en lägre värmekapacitet (Moosmann & Koch, 1988). Värmekapacitet är den energi som behövs för att höja temperaturen hos ett ämne. Enheten för värmekapacitet är J/kg, °K.

Zagal (1987) sammanfattar ämnet markfukt och mikrovågors effektivitet med att konstatera att det dielektriska beteendet hos vatten, markfukt, och dess roll vid upphettning är en viktig faktor. Mellan vissa bestämda gränser, 7-37 % vattenhalt, är dock markfuktens effekt ganska moderat för en begränsad mängd jord under kontrollerade förhållanden.

### Effekten på CO<sub>2</sub>-produktionen

Vid ett försök utfört av van Assche och Uytterbroeck (1983) undersöktes CO<sub>2</sub>-produktionen i mikrovågsbehandlad jord. En sand-lerjord med olika fukthalter 35 % respektive 70 % bestrålades under 8 minuter.

Jordprovet med 35 % fukthalt visade en högre CO<sub>2</sub>-produktion vid jämförelse med ett kontrollprov. Detta fenomen förklarades med en partiell avdödning av mikrofloran vilka de överlevande mikroorganismerna assimilerar. En ökning av C-mineralisering sker under en viss period.

I jordprovet med 70 % fukthalt minskade CO<sub>2</sub>-produktionen markant efter behandlingen. Detta på grund av en mer drastisk avdödning av mikroorganismer till följd av den högre temperaturen i det fuktigare jordprovet.

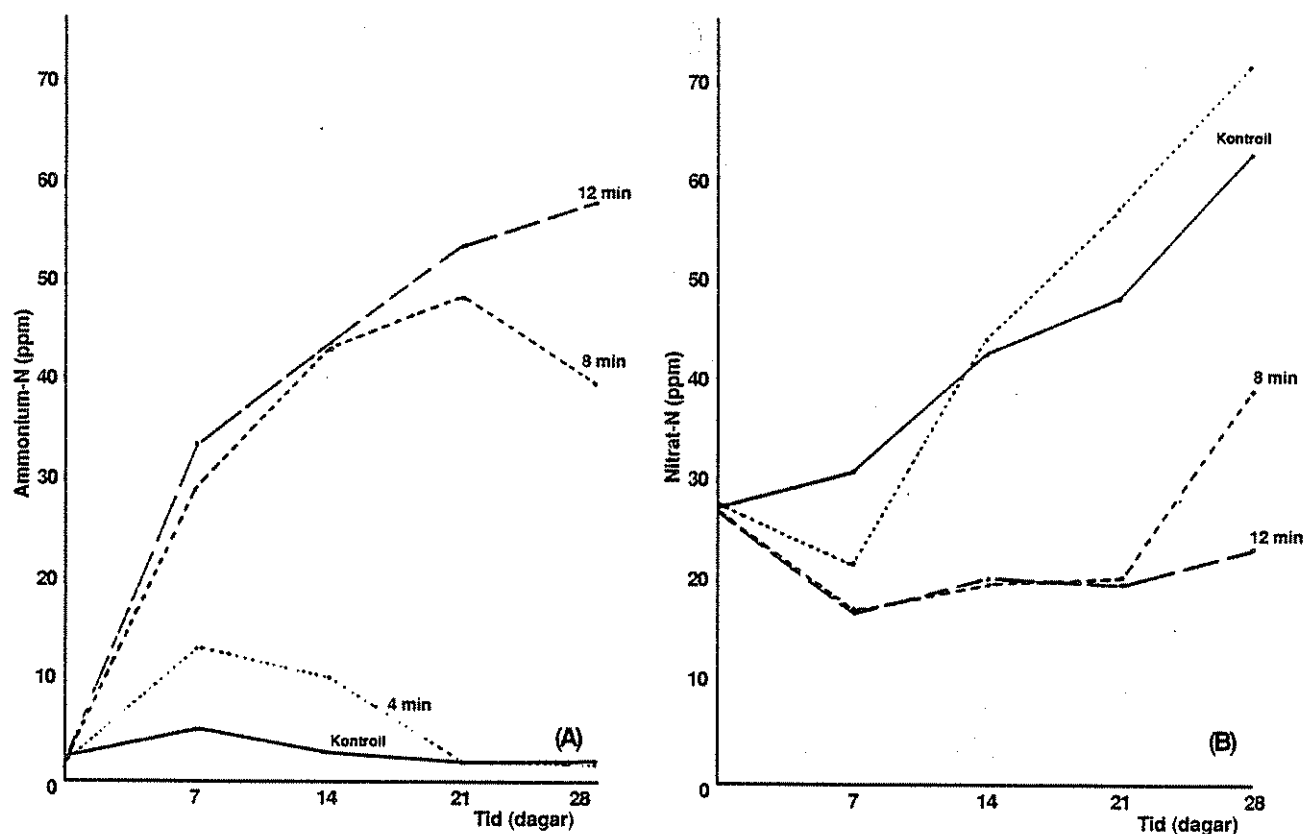
Ytterligare försök utfördes då behandlingstiden utökades till 12 minuter för båda fukthalterna. Avdödningsgraden blev högre, mängden substrat att assimilera ökade och konkurrensen mellan de överlevande mikroorganismerna minskade. Detta kan leda till en snabbare rekolonisering av överlevande mikroorganismer. Konsekvensen kan bli en kortvarig hög C-mineralisering.

### Effekter på N-mineralisering

Van Assche & Uytterbroeck (1983) undersökte vad som sker med kväve-mineraliseringen i en jord behandlad med mikrovågor.

En sand-lerjord med 30% fukthalt bestrålades under olika lång tid. En ökning av ammoniumkväve relaterad till behandlingstiden noterades först. Vid 4 minuters behandling minskade ammoniumkvävet åter 7 dagar efter behandling med mikrovågor medan det med 8 minuters behandling inte skedde någon minskning förrän efter 21 dagar (se figur 5).

Även nitratkvävehalten undersöktes. Veckan efter mikrovågsbehandlingen minskade nitratkvävehalten, en längre bestrålning gav en mer markant minskning första veckan. I jordprovet som behandlats under 4 minuter kunde en progressiv ökning av nitratkvävet noteras efter en vecka. Vid längre behandlingstider, 8 och 12 minuter, var det en mycket långsam ökning efter en vecka (se figur 5).



Figur 5. Ammonium-N (A) och nitrat-N (B) i en sand-lerjord med 30 % relativ fuktighet efter mikrovågsbehandling med olika tider, 4, 8 eller 12 minuter (van Assche & Uytterbroeck, 1983).

När jorden värms upp avdödas mikrofloran. Nitrifierande organismer är känsligare för högre temperaturer än de ammonifierande organismerna. Detta förklarar den initierande ökningen av ammoniumkväve och minskningen av nitratkväve.

Avdödning av de nitrifierande organismerna hämmar den fortsatta oxidationen av ammonium till nitrat. Men samtidigt bildar de döda mikroorganismernas celler ett lätt oxiderat substrat. Detta lätt oxiderade substrat i kombination med den reducerande konkurrensen, stimulerar den överlevande populationen. En snabb reproduktion samt en tillfällig nitratfixering blir resultatet.

Den första veckans minskning av ammoniak och ökning av nitrat kan förklaras med en populationstillväxt av de nitrifierande organismerna som överlevt behandlingen.

### Selektivitet

Möjligheten att i ett substrat avdöda de mikroorganismer som orsakar sjukdomar och samtidigt skona de för odlingen positiva är ett av önskemålen vid rening av substrat. Ett sterilt substrat blir känsligt för nya patogener.

Vid försök har en viss selektiv effekt uppnåtts. I jord som behandlades med 20 s bestrålning på våglängden 2450 MHz undersöktes överlevnadsgraden hos mikroorganismerna. Det visade sig att svampar eliminerades medan de heterotrofa (organism som inte kan ombilda oorganiska ämnen till organiska) bakterierna påverkades i mycket mindre grad. (Wainwright, 1980)

Vidare visade Diprose et al (1978) att 30 s mikrovågsbestrålning eliminerade svampar medan 60 s behövdes för att halvera bakteriemängden. Några bakterier överlevde t o m exponeringar på 360 s.

Ferris (1984) presenterar en skala över relativ känslighet hos mikroorganismer i jord vid behandling med mikrovågor (2450 MHz, 624 W):

Pythium, Fusarium och icke cystformerande nematoder var mest känsliga. Rhizoctonia, VA- mykorrhiza svamp och H. glycines cysta intog en mellanställning. Bakterier, värmeteroleranta svampar och aktinomyceter (en grupp mikroorganismer som befinner sig mellan bakterier och svampar och kan klassifieras till båda (Agrios, 1988)) visade sig vara värmeteroleranta.

#### Effekten på frö och ogräs

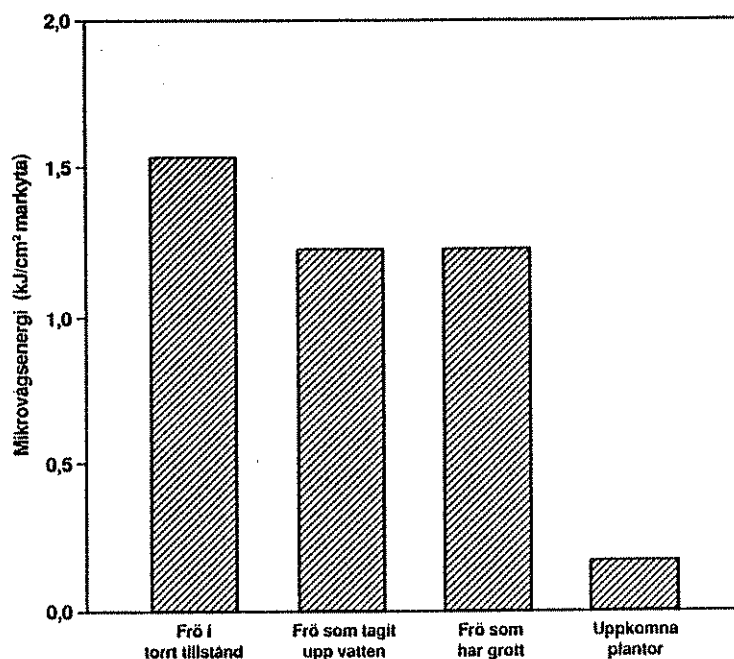
Möjligheten att använda mikrovågor för att minska och bekämpa oönskade fröväxter i odlingen har undersökts av Moosmann & Koch (1988). När frön behandlas utan jord är vissa arter mycket mottagliga för mikrovågsbehandling (se tabell 3). En energinivå på 14 kJ/100 frö avdödade t ex trädgårdsbönan, *Phaseolus vulgaris*, nästan fullständigt medan 30 % av fröna hos trädgårdsveronika, *Veronica persica*, grodde efter samma behandling.



Tabell 3. Groningsprocent av frö behandlade med mikrovågor under olika tider (obehandlat = 100) (Moosman & Koch, 1988).

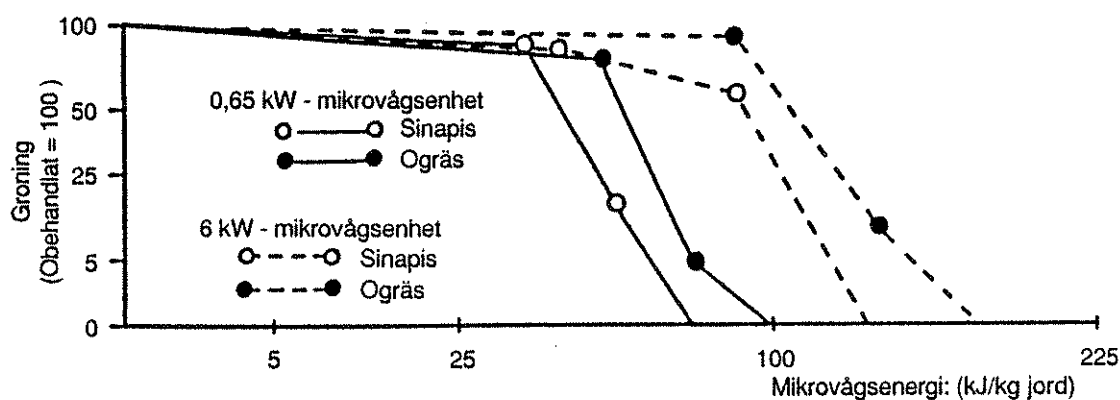
Art	groning, %	Mikrovågsbehandling, sek		
	obehandlat frö	60	180	300
Trädgårdsböna,				
<i>Phaseolus vulgaris</i>	93	97	26	1
Majs, <i>Zea mais</i>	97	99	9	6
Ärt, <i>Pisum sativum</i>	75	105	36	11
Vete, <i>Triticum aestivum</i>	96	98	17	12
Råg, <i>Secale cereale</i>	85	97	88	66
Kål, <i>Brassica napus</i> ,	94	100	99	92
Flyghavre, <i>Avena fatua</i>	87	95	92	88
Snärjmåra,				
<i>Galium aparine</i>	16	90	39	37
Kvickrot, <i>Elymus repens</i>	42	98	31	63
Trädgårdsveronika,				
<i>Veronica persica</i>	22	121	48	30
Kornvallmo,				
<i>Papaver rhoeas</i>	16	89	32	3

Vidare försök visade att en energinivå på 97.5 kJ/kg jord var nog för att förebygga uppkomsten av ogräs i ett 5 cm tjockt lager (se fig 6).



Figur 6. Effekten på groningen av vitsenap frö, *Sinapis alba*, och uppkomsten av ogräs i jord behandlad med mikrovågor (Moosmann & Koch, 1988).

Ogräsplantor som redan kommit upp är betydligt känsligare för mikrovågsbehandling än vad de är i fröstadiet (se fig 7) (Moosmann & Koch, 1988).



Figur 7. Energimängder som krävs för att avdöda vitsenap frö, *Sinapis alba*, i jord (2.5 cm djup) och uppkomna plantor av vitsenap (Moosman & Koch, 1988).

### Ångning

Tekniken att värmebehandla jord med ånga demonstrerades för första gången i Tyskland av B Frank 1888. I USA användes ångning kommersiellt av W. N. Rudd redan 1893. Medicinska undersökningar hade visat att en del bakterier som var farliga för människan krävde 212 °C i autoklav för att avdödas. Temperaturnivån applicerades okritiskt på växtsjukdomar. Dessa höga behandlingstemperaturer bromsade vidare utvecklingen av ångningstekniken. (Baker, 1962)

Det finns flera olika metoder att ånga jord på från de mycket arbetskrävande Hoddesdonrören till permanenta rörsystem för undertryck.

### Markfukt, jordart och bearbetning

Flera faktorer styr resultatet av ångningen, bl a markfukt och jordart.

Kondensationen som uppstår under ångningen kommer att öka markfukten med 5-6% i de översta 10 cm. Marken blir mindre porös och det blir svårare för ångan att penetrera (Nederpel, 1979). För att stimulera ångans penetration bör jorden vara relativt torr och välbearbetad (Nederpel, 1979). Ju torrare jord desto mer kondensvatten kan adsorberas och desto bättre blir resultatet.

Jordart och kultiveringsgrad har en grundläggande inverkan på resultatet. Lerjordar kan desinfekteras med gott resultat (Runia, 1983). Är lerjorden väl luftad kan bearbetning ibland vara överflödig. Ångan tar sig ner via naturliga sprickor (Nederpel, 1979).

I sand- och mo-mjälajordar kan det bli problem med att uppnå den önskade temperaturen i de djupare lagren. Motståndet är stort i dessa jordar och ångan får svårt att tränga ner. Dessa jordar skall bearbetas före ångning. (Nederpel, 1979)

Torv är svår att desinfektera med hjälp av ånga p g a torvens vattenhållande förmåga (Runia, 1983).

### Temporärt nedgrävda rör

Ångning genom temporärt nedgrävda rör, Hoddesdon rör, anses som en mycket arbetskrävande metod. Perforerade stålrör placeras på 0.30-0.50 m djup och på ett avstånd av 0.30-0.35 m, och kopplas till en ångproducerande enhet. Markytan bör täckas med värmetålig plast för att sprida ut läckande ånga. Resultatet av ångningen är tillfredsställande. (Dawson, 1972)

### Ångning via dräneringsrör

De första rören som användes vid denna typ av ångning är tegelrör. Dessa rör övergavs för modernare och mer tåliga polypropenrör. Läggningsrör kan mekaniseras mer och risken för trasiga rör som blockeras är mindre.

Resultatet av ångning via dräneringsrör är speciellt bra på sandjord. Den vertikala temperaturkurvan från röret och upp till markytan visar en temperaturminskning, vilket betyder att ångan rör sig långsamt mot ytan.

Vid en jämförelse mellan ångning via dräneringsrör och ångning under plasttäckning visar det sig att det på lerjord blir bättre resultat i de djupare lagren med ångning via dräneringsrör. På våt eller dåligt bearbetad jord ger däremot inte ångning via dräneringsrör något bra resultat. (Runia, 1983)

Det permanenta rörsystemet har en hög materialkostnad. Bränslekonsumtionen är likvärdig med ångning under plasttäckning. (Runia, 1983)

### Ångning under plasttäckning

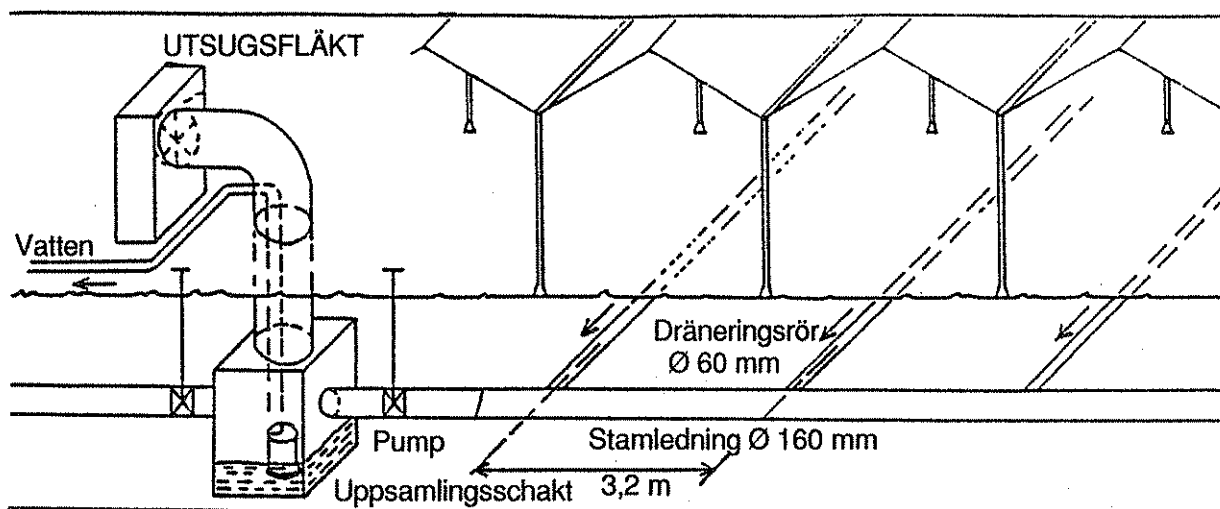
Marken täcks med en polyvinylfilm, 0.25 mm tjock som förankras på lämpligt vis. I litteraturen finns förslag på sandsäckar, kättingar eller jordvallar. Om jord används bör det observeras att denna jord inte blir desinfekterad och kan därmed vara en potentiell smittorisk.

Trycket under plasttäckningen når ungefär 5 mm vp, vilket inte är nog för att nå den önskade temperaturen 70 °C i de djupare lagren. Trycket kan ökas genom att täcka plasttäckningen med ett nylonnät som förankras väl. Trycket kan på detta vis höjas till 15 mm vp.

Det tar under normala förhållanden åtta timmar att uppnå önskad grad av desinfektion. Under tiden går det åt 60 kg ånga/m<sup>2</sup>. Mycket energi går förlorad genom strålningsförluster. För att minska dessa förluster kan man täcka plastfilmen med en bubbelbagg. Vid jämförelse mellan isolerad och oisolerad plastfilm blir temperaturen i de undre jordlagren högre vid det isolerade alternativet (Runia, 1983).

### Undertrycksmetoden

Undertrycksmetoden är en ny metod att ånga jord på som introducerades 1981. Med hjälp av en sugfläkt skapas ett undertryck i permanent nedgrävda perforerade polypropenrör. Rören placeras på ett djup av 0.55 till 0.7 meter och på 1.6 till 3.2 meters avstånd och ansluts till en stamledning (se fig 8). Ångan appliceras under en plastfilm och dras med hjälp av undertrycket ner igenom jorden. En del ånga kommer att kondensera och eftersom ånga rör sig lättare än vatten igenom den luft som finns i marken kommer vattnet från den kondenserade ångan bilda spärrskikt som tvingar ångan att ta nya vägar (Brøndbo, 1990).

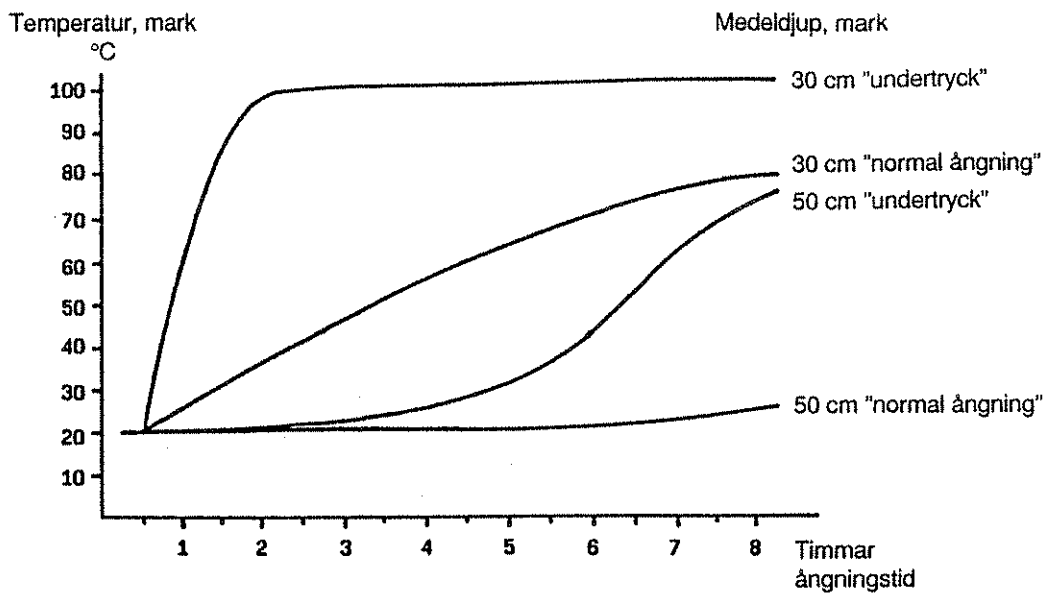


Figur 8. Exempel på en ånganläggning med undertryck (efter Belker, 1988).

Undertryckssystemet kan användas som dräneringssystem för att snabbare dränera jorden och med hjälp av den varma luften som dras ned i jorden på våren höja marktemperaturen och öka lufttillgången till rötterna. I Norge och Holland säljs systemet även till fotbollsplaner (Myhre, pers med, 1991).

#### Jämförelse mellan olika ångningsystem

Uppvärmningen av jorden blir effektivare med ett undertryckssystem jämfört med en ångning under plastfilm (se fig 9). Det är inte bara jorden ovanför rören som blir behandlad, höga temperaturer har registrerats även under rören.



Figur 9. Temperaturkurvor för jord på olika djup behandlade med ånga, dels genom vanlig ångning under plasttäckning och dels med undertrycksångning (efter Domke, 1986).

Vid försök på lerjordar visade det sig att temperaturen var märkbart högre vid undertrycksångning jämfört med ångning under plasttäckning. När marken bearbetades till ett djup på 35 cm blev temperaturen vid undertrycksångning 85-100 °C på detta djup. Vid ångning med plasttäckning blev det bara 26 °C varmt på 35 cm djup. På sandblandad jord var resultatet liknande (Runia, 1983).

Även på mo-mjälajordar gav undertrycksångning högre temperaturer än med ångning under plasttäckning. Torvjordar visade även högre temperaturer vid undertrycksångning men där blev inte temperaturdifferensen så stor (Runia, 1983).

Vid jämförande försök mellan ångning via dräneringsrör och ångning med undertryck visade det sig att de översta jordlagerna fick högre temperatur vid undertrycksångning medan temperaturen längre ner var i det närmaste likvärdig för de båda metoderna (Runia, 1983).

Vid en jämförelse mellan olika ångningsmetoder och dess energiförbrukning vid ångning av lerjord, sandblandad lera och torvjord konstaterades att undertrycksångning ger ett betydligt bättre resultat på alla testade jordarter än andra ångningsmetoder.

Undertrycksångning ger högre temperaturer vid ytan än vid en ångning via dräneringsrör. Temperaturen i de djupare skikten blev lika eller t o m något lägre vid undertrycksångning. Men vid en ångning är det viktigast att ha en hög temperatur vid ytan följt av en hög temperatur på djupet.

Sandjordar är däremot inte lämpliga att ånga med plastfoliemetoden p g a dess kompakta struktur. Torvjorden visade en viss temperaturskillnad med bättre resultat vid undertrycksångning men inte samma höga temperaturskillnader som på lerjord.

### Energi

Vid en utvärdering av en saneringsmetod är det flera faktorer som påverkar resultatet. Energiförbrukningen är en faktor som man måste ta hänsyn till. Energiförbrukningen påverkar den ekonomiska beräkningen, investeringar måste vägas mot driftskostnader osv. Vilken form av energikälla, förnyelsebar eller inte, och energiförbrukningen är viktig med tanke på den yttre miljöns påverkan.

### *Jord i bulkvara*

Att finna en rationell icke-kemisk metod med låg energiförbrukning är ett önskemål från trädgårdsnäringen. Vid hantering av jord i bulkvara finns olika alternativ bl a att ånga i hög på marken med eller utan dräneringsrör, mikrovågor och gammastrålning.

Runia (1986) har ångat torv genom att lägga den i en hög och täcka högen med en plastfolie. Energiförbrukningen blev  $0.35 \text{ (m}^3 \text{ gas/m}^2 \text{ växthusyta) } \times 33 \text{ (MJ/m}^3 \text{)} = 11.2 \text{ MJ/m}^2 \text{ växthusyta}$ . Mängden torv per  $\text{m}^2$  växthusyta är 25 l. Alltså för en  $\text{m}^3$  torv är energiförbrukning  $40 \times 11.2 \text{ MJ/m}^2 = 448 \text{ MJ/m}^3$  torv, dvs ca 125 kWh/ $\text{m}^3$  torv.

En jämförande ångning med dräneringsrör placerade under torvhögen gav liknande värden.

När uppvärmningen av jord har skett med hjälp av mikrovågor anges ofta energiförbrukningen per kilogram jord. Exempel på energimängder är följande:

- \* vid 80 kJ/kg jord (0.02 kWh/kg jord) avdödas saprofytiska svampar och nematoder. Larverna till *Heterodera schachtii* som angriper sockerbetor i tempererade zoner dödades medan cystformen var signifikant mer värmetålig.
- \* 97.5 kJ/kg jord (0.3 kWh/kg jord) var nog för att kontrollera klumprotsjuka, *Plasmodiophora brassicae* och VA-mykorrhiza skadades svårt.
- \* testplanter infekterade med bakterien *Rhizobium* spp, visade även efter en behandling med 234 kJ/kg jord (0.06 kWh/kg jord) normala formationer av rotknölar (Moosman & Koch, 1988). *Rhizobium* spp är bakterier som bildar rotknölar på värdväxten och lever i symbios med den. Alla rotknölsbildande bakterier är dock ej positiva för värdväxten.

Moosmann & Koch (1988) konstaterade att de med sin 6 kW mikrovågsugn kunde behandla 120 kg jord på en timme och med en energiförbrukning på 9 kWh.

Moore et al (1982) summerar sina beräkningar av energiförbrukningen vid pastörisering av krukjord att mikrovågor är snabbare och effektivare än ånga, eftersom mikrovågorna verkar direkt på vattenmolekylerna. Då de flesta organismer innehåller vatten kommer mikrober att dödas direkt av strålningen istället för av hettan från mediet.

### *Jord i markbädd*

Det har gjorts försök att använda mikrovågor för att sanera jord i fält. Penetreringsdjupet begränsas huvudsakligen av två faktorer, våglängd och energimängd som appliceras (Moosmann & Koch, 1988). Våglängden 915 MHz penetrerar två och en halv gång djupare jämfört med 2450 MHz men behöver avskärmas p g a biologiska effekter. Större effekt ger inte djupare behandling men snabbare (Van Wambeke et al, 1981).

För att bekämpa organismer som orsakar rotröta i de översta lagret på 5 cm krävdes 111 kJ/kg jord (0.03 kWh/kg jord). För att kunna bekämpa ett 15 cm djupt lager krävdes en energinivå på 140 kJ/kg jord (0.04 kWh/kg jord) (Moosman & Koch, 1988).

Uppgifterna om energiförbrukningen vid olika ångningsmetoder varierar. Viola Trädgårdsvärlden (Bertmar, 1989) gjorde ett studiebesök hos Hietalas Handels-trädgård i Övertorneå. Denna handelsträdgård ångar marken i sin gurkanläggning. Jorden bearbetas väl och täcks sedan med en plastfolie. En oljeeldad panna av tyskt ursprung producerar ångan, 750 kg överhettad ånga per timme. Ångan släpps med högt tryck in under plastfolien som är isolerad med en filt. Utan isoleringsfilten räknar de med en oljeförbrukning på 1 l/m<sup>2</sup>, isoleringen sänker oljeförbrukningen med 20-25 %. Efter 3.5 timmar tas plastfolien bort, jorden har då en temperatur på 90 °C och är behandlad till ett djup av 25 cm. Oljeförbrukningen är 60 kg/h och den behandlade ytan 125 m<sup>2</sup>. Energiförbrukningen blir då ca 72 MJ/m<sup>2</sup>.

Från ett försök i Holland redovisas följande energiförbrukningen (se tabell 4). Vid ångning under plastfolie förbrukades ungefär 200 MJ/m<sup>2</sup>. Ångningsperioden var 8 timmar och under de första timmar var energiförbrukningen 26 MJ/h och m<sup>2</sup>. Efter ett par timmar sjönk ångkonsumtionen stegvis.

När ångningen skedde via dräneringsrör blev energiförbrukningen 170 MJ/m<sup>2</sup> och ångningstiden 7 timmar. Vid undertrycksångning var energiförbrukningen ungefär 114 MJ/m<sup>2</sup>. Ångningen tog 4-5 timmar. (Runia, 1983)



Tabell 4. Tider och energiförbrukning under olika ångningstekniker.

Metod	Tid, tim	Energi/ytenhet	
		MJ/m <sup>2</sup> ,	kWh/m <sup>2</sup>
Ångning under plast	8	200,	56
Ångning via dräneringsrör	7	170,	47
Undertrycksångning	4-5	114,	32

### Kommentar

Energiförbrukningen är inte bara en ekonomisk fråga. Den yttre miljön påverkas vid energiförbrukning. Önskemålet är att använda en saneringsmetod som förbrukar lite och förnyelsebar energi för att nå så liten påverkan på den yttre miljön som möjligt.

Det är en vanskelig uppgift att jämföra energiförbrukning mellan olika experiment. Ofta är inte jordarten eller fuktinnehåll specificerat. Men om man ponerar att en liter jord väger ca 0.7 hg (2 delar vatten och 8 delar planteringsjord) blir energiförbrukningen vid ångning i hög under plastfolie 21 kWh för 120 kg jord (Runia, 1986). Jämför detta med 9 kWh för mikrovågsbehandling av 120 kg jord (se tabell 5).

Tabell 5. Jämförelse mellan ångning och mikrovågsbehandling av jord.

Metod	Energi kWh/ton jord
Ångning i hög	175
Mikrovågor	75

När man ska välja en icke-kemisk metod för sanering av jord i markbädd är alternativen få. Det finns ännu ingen litteratur som tyder på att man lyckats sanera en markbädd med mikrovågor till det djup som behövs för att eliminera risken för jordburna sjukdomar att sprida sig via rotsystemen. Dessutom är metoden tveksam med tanke på exponeringsrisk (Diprose, pers med, 1992)

Vad man har att välja på är olika metoder att ånga jorden. En högre investeringskostnad i en fast markanläggning med dräneringsångning eller undertrycksångning kan sparas in på sikt av en minskad arbetsinsats vid ångning och en minskad energiåtgång.

### **Artificiellt substrat**

Att återanvända stenullsmattor och annat artificiellt odlingssubstrat är för svensk trädgårdsnäring snart ett nödvändigt miljösteg. Vid försök att finna en enkel, billig och ofarlig metod att rena artificiellt substrat har bl a mikrovågor, gammastrålning och ångning undersökts.

### Stenull

I Holland tillämpas allmänt återvinning av stenullsmattor i tomat- och gurkodlingar. Det finns exempel på mattor som använts i upp till fem år.

### Mikrovågor

Vid försök i Holland (Runia, 1986) med rening av stenullsmattor användes frekvensen 2450 MHz och en magnetron med kapaciteten 560 W. Temperaturfördelningen i mattan undersöktes och vattenhaltens påverkan utvärderades.

Temperaturmätningar visade en ojämn temperaturkurva över stenullsmattans snitt. Högst temperatur uppmättes i botten och den lägsta temperaturen i toppen av stenullsmattan.

För att undersöka vattenhaltens betydelse behandlades stenullsmattor från en gurkodling som var naturligt infekterade med grönmögelvirus. Vattenhalten i stenullsmattorna låg mellan 5-25 %. Resultatet blev att i torr stenull var det en skillnad på 130 °C mellan olika delar av provbiten. Ju blötare stenull desto mindre temperaturdifferens. Stenullsmattan blev inte tillfredsställande desinfekterad vad gällde grönmögelvirus.

Runia (1986) avslutar rapporten med omdömet att metoden att rena stenullsmattor med mikrovågor med den teknik som använts i försöket ej är praktiskt genomförbar i kommersiell skala. Anledningen är dels de hinder säkerhetsaspekten lägger vid en praktisk hantering vid storskalig desinfektion, dels att det krävs en mobil enhet och slutligen problemet med att undvika störningar av radio- och radarinstallationer.

Van Wambeke et al (1983) studerade temperaturen i använda stenullsmattor som behandlades med mikrovågor (2450 MHz, 600 W). Den högsta temperaturen 76.9 °C uppnåddes vid 60 % fuktighet och fem minuters behandling (se tabell 6).

Tabell 6. Medeltemperaturer uppnådda i fem punkter i stenull behandlad med mikrovågor (van Wambeke et al, 1983).

Fukthalt, %	Behandlingstid, min	Temperatur, °C
40	3	63.9
	5	66.2
60	3	72.0
	5	76.9
80	3	71.4
	5	75.8

Vid universitetet i Sheffield (Diprose & Evans, 1988) användes en 20 kW radiofrekvens generator med frekvensen 27.12 MHz. Stenullsmattor placerades på ett löpande band och passerade under elektrodena med en hastighet dels på 1 m/min och dels på 0.33 m/min. Provtagningar före och efter behandling visade att *Pythium* och andra svampar eliminerades. Även kransmögel på champinjon, *Verticillium fungicola*, och *Cladobótryum dendroides* som får champinjonen att ruttna eliminerades liksom nematoder och kvalster.

Dr Diprose anser att metoden inte skadar materialet och att man dokumenterat en skördeökning, jämfört med odling i nya stenullsmattor, efter behandling. Detta fenomen har man ej kunnat förklara.

### Gammastrålning

En kobolt-60 källa användes för att rena stenullsmattor. Strålningsenergin från koboltkällan inaktiverar organismerna. Två virus testades, tobaksmosaikvirus och grönmögel-virus (CGMV) på gurka. Mattorna var dels artificiellt nedsmittade och dels naturligt nedsmittade. Båda virusen har en termisk inaktiveringsnivå på 90-100 °C.

På de mattor som var naturlig nedsmittade genom plantmaterial krävdes en dos på över 1000 krad för att bekämpa viruset. Däremot vid artificiell nedsmittning behövdes endast en dos på 700 krad för att bekämpa viruset (se tabell 7). Vidare försök visade att tobaksmosaikviruset (TMV) förlorade sin infekterande kapacitet vid 500 krad vid artificiell nedsmittning.

*Tabell 7. Smittsamhet av tobaksmosaikvirus (TMV) och grönmögelvirus på gurka (CGMV) efter behandling med gammastrålning, angivet i antal smittade planter/prov plantor (Runia, 1986).*

Behandling, krad	Naturligt infekterad stenull	Artificiellt besmittad stenull	
	smittsamhet CGMV	smittsamhet CGMV	smittsamhet TMV
0	7/10	10/10	10/10
100	5/10	9/9	-
250	9/10	2/10	3/10
500	0/10	1/10	0/10
750	0/10	0/10	0/10
1000	2/10	0/10	0/10
5000	0/10	0/10	0/10

Metoden bedömdes rent tekniskt vara möjlig att använda. Men den är inte aktuell för tillfället dels pga den höga strålningsdosen som krävs och dels p g a kostnaderna att frakta stenullsmattorna till en koboltkälla.

### Ångning

Att ånga mattorna har blivit den metod som används i Holland för att gardera sig mot överföring av svamp- och virussjukdomar. Efter ångning av stenullsmattor har det rapporterats om ökad skörd i tomat- och gurkodlingar jämfört med odling i nya stenullsmattor (van Dijk, 1990).

Ångningen kan genomföras på olika sätt. En jämförande undersökning mellan att ånga på plats eller i container, dels för enpallsystem, dels för flerpallsystem redovisas av Runia (1986). Energiförbrukning och effektiviteten undersöktes dels för plastklädda mattor, dels för icke plastklädda mattor.

### Ångning på plats

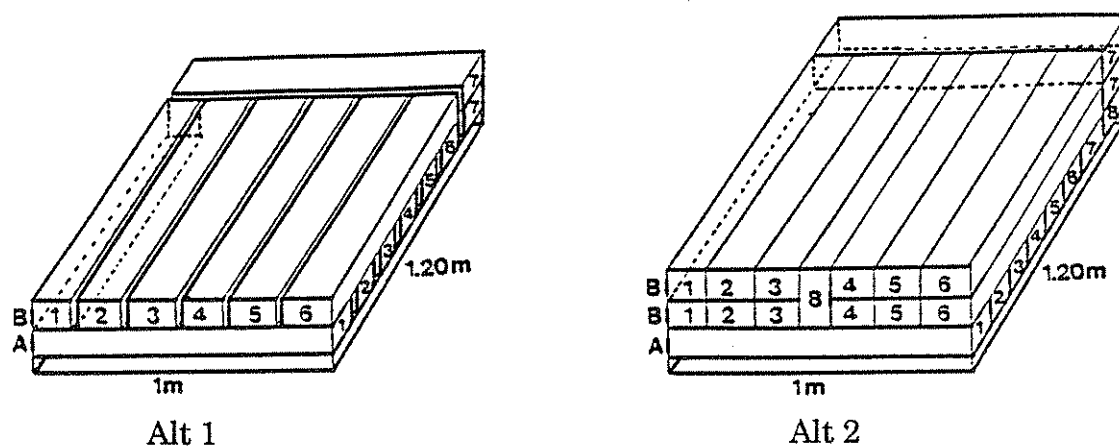
När man väljer att ånga på plats kan man antingen ånga mattorna utan att flytta dem eller lägga upp dem på en pall i växthuset. Väljer man att ånga dem direkt på golvet tar man bort plantor och eventuella krukor, även vattenslangar tas bort då dessa inte är värmeresistenta. Mattorna täcks sedan med en presenning som ångan leds in under. (Runia, 1986)

Om mattorna är insvepta i plast kan ångan bara komma in via de för plantorna utskurna hålen. Är mattan (100 x 15 x 7.5 cm) fuktig, 4 kg vatten eller mer/matta, kan man inte uppnå 100 °C i mattan. Vill man uppnå 70 °C i en timme måste mattorna ångas i minst fem timmar. Är mattan torr, 1 kg vatten/matta, måste man ånga i minst fyra timmar för att nå 70 °C.

Runia (1988) redovisar följande vad gäller ångtid och fuktmängd när ångningen sker på plats. Endast plastade mattor är medtagna, fuktinnehållet är det som existerar när stenullsmattorna är uttorkade av evaporation pga plantorna. Enligt dessa mätningar når mattorna en temperatur på 83-100 °C efter en timmes ångning och en temperatur på 91-100 °C vid två timmars ångning. När stenullsmattorna är våta kan två timmars ångning vara nog för att eliminera växtsjukdommar.

Tar man bort plasten från mattorna är det lättare att nå ett bra resultat vid ångning på plats. En torr matta, 1-4 kg vatten/matta, kan efter två timmars ångbehandling nå normen 70 °C i en timme. Är mattan däremot blöt, 4-8 kg vatten/matta behövs fyra timmar för att uppnå 70 °C i en timme (van Dijk, 1990).

När stenullsmattorna skall ångas på pall i växthusen staplas de så att ångan lätt kan penetrera pallen (se alt 1 fig 10). Pallen täcks med en presenning. Runia (1988) undersökte energibehov och ångningstider för mattor med eller utan plast. Resultatet blev att mattor utan plast på två timmar kom upp i önskad temperatur 100 °C (se tabell 8).



Figur 10. Alt 1 Stenullsmattor 100 x 15 x 7.5 cm staplas A-B-A-B osv.

Alt 2 Stenullsmattor 100 x 15 x 7.5 cm staplas A-B-B-A osv (Runia, 1986).

Väljs alternativet att ånga mattorna på plats måste man sörja för att kondensvattnet lätt kan ledas bort. Varje m<sup>3</sup> ånga resulterar i 11 liter vatten. Ångas mattorna i växthuset bör det faktum att de är i vägen för övrigt saneringsarbete beaktas (van Dijk, 1990).

### Containerångning

Containerångning kan genomföras dels med en pall per kammare, dels med flera pallar per omgång.

### Enpallsystem

I Holland finns mobila enheter för ångning av stenullsmattor från gurk- och tomatodlingar. På ett lastbilsflak har man placerat en anläggning med fyra separata kammare. Kapaciteten är 3 ha odlingsyta per 24 timmar (Myhrene, pers med, 1991).

Mattorna på pallen bör staplas väl, ett förslag för 140 mattor fördelade i 20 lager ses på figur 10 alternativ 2. Ångtiden blir kortare om mattorna är torra och rätt staplade (van Dijk, 1990).

Pallen placeras i en container med dubbla väggar. Den inre väggen är en plastfilm och den yttre av rostfritt stål. Containern är isolerad. Kammaren sätts under vakuum och den inre väggen lägger sig dikt an till pallen med stenullsmattorna (Myhrene, 1991).

Ångan släpps in uppfifrån och sugas ut under pallen med hjälp av en fläkt. Stenullsmattorna ångas på detta sätt aktivt och når på ett par minuter en temperatur på 100 °C (van Dijk, 1990).

Tabell 8. Temperaturer uppnådda under ångning av stenull, bränsleförbrukningen redovisas. Energiinnehållet i gasen är 33 MJ/m<sup>3</sup> (Runia, 1986).

Substratets placering	+ med plast - utan plast	Ångningstid, min	Uppnådd tem- peratur, °C	m <sup>3</sup> gas/m <sup>2</sup> växthusyta
på pall	-	120	100	0.05
på pall	+	300	100	0.1-0.15
på plats	+	60	83-100	
på plats	+	120	91-100	1.0-1.15
flerpalls con- tainer	-	75	100	0.1
enpalls contai- ner	-	2-3	100	

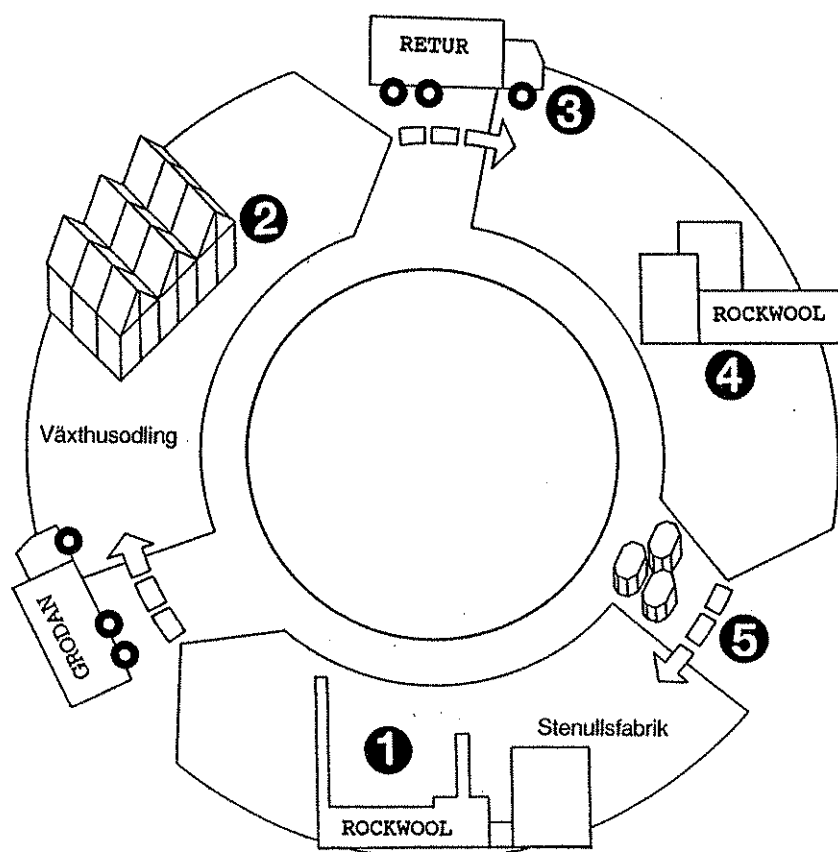
### *Flerpallsystem*

Det går även att ånga flera pallar samtidigt. Pallarna staplas även i detta fall enligt alternativ 2 figur 10. Även vid ett flerpallsystem blir ångningstiden kortare om staplingen av stenullsmattorna utförs noggrant. I Holland finns system för 12-16 pallar åt gången (van Dijk, 1990).

Det tar en timme och 15 minuter för att uppnå 100 °C. Ångförbrukningen tycks vara den samma per m<sup>2</sup> växthusyta vid de olika pallsystemen (se tabell 8) (Runia, 1986).

### *Recirkulation av stenullsmattor*

Även andra alternativ att återanvända stenullsmattor diskuteras. I Holland vill man recirkulera mattorna genom att samla ihop dem till centrala behandlingsplatser (se fig 11). Mattorna samlas upp med eventuella krukor och plast som sedan rensas bort innan mattorna skickas vidare till en specialbyggd fabrik, Firma Rockwool/Grodan i Roermond (Bordenave & Veschambre, 1990). De organiska beståndsdelarna avlägsnas och mattorna upphettas till 1500 °C. Mattorna smälter, alla svampar och organiska ämnen förstörs och sedan tillverkas stenklinkers. Dessa stenklinkers går sedan in i produktionen av stenullsmattor och isolering (Christensson, 1989).



Figur 11. Recirkulation av stenullsmattor (Anonym).

### Perlite

Perlite är ett granulerat mineralskum som framställs av kiselhaltig vulkanisk sten från Nordamerika eller Medelhavsområdet. Det är en fysiskt stabil, kemiskt trög och lätthanterlig produkt.

Materialet är poröst och har låg vikt i torrt tillstånd. Det kan hålla stora mängder vatten  $250-300 \text{ l/m}^3$ , är lätt att blöta upp och har god kapillär upptransport.

Perlite är ett material som är lätt att dränera. Det är välluftat och har neutralt pH. Näringsinnehållet är försumbart och materialet har ingen signifikant jonutbyteskapacitet. Det är dessutom fritt från ohyra, ogräsfrön och sjukdomar.

I Storbritannien används perlite i rännor med måtten  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  och anses vara ett kostnadseffektivt alternativ till substratlösa odlingssystem med näringslösning (Szmidt et al, 1989).



### Återanvändning och rening

Perlite är lätt att hantera som bulkvara och flyttas lätt ut ifrån växthusen. Det är inga problem att ta bort rotklumpar eller dylika föremål före behandling. Olika pastöri-seringsmetoder har undersökts tex ånga, radiovågor, torr värme och kemikalier (Hitchon et al, 1991).

Olika pastöriseringsmetoder påverkade den mikrobiella populationen i olika grad. Den kemiska behandlingen verkade i huvudsak på svamp och lämnade bakteriepopulationen opåverkad. När perlite ångades avdödades också alla svamparna medan flera bakterier överlevde. Torr värme avdödade alla bakterier och svampar förutom små rester av *Pencillium* spp (kan orsaka grönmögel på frukter och andra köttiga växtdelar). Radiofrekvensbehandlingen avdödade slutligen svampar men lämnade några bakterier aktiva.

Radiofrekvensbehandling påminner om mikrovågor men har fördelen att kunna användas med ett snabbare transportband istället för i en sluten enhet (Hitchon et al, 1991).

Att vissa metoder inte klarar av att desinfektera perliten utan bara pastörisera den beror förmodligen på den fysiska strukturen. De porösa granulaten kan tillåta kolonisering i de innersta delarna av granulaten medan temperaturmätningarna ger ett mått på materialet i stort (Hitchon et al, 1991).

Det visade sig att tomatskörden i försöken ökade då tomaterna odlades i ångbehandlad återanvänd perlite. Även vid försök med gurka blev resultaten positiva vid återanvändning av ångad perlite. Däremot blev det ingen skördeökning av att ånga oanvänd perlite. Näringsanalyser gjordes på ny och återanvänd perlite och det visade sig att det var låga näringsvärden i båda varianterna. En viss skillnad fanns men jämfört med de närings-nivåer som tillförs plantmaterialet var det marginellt. Man fann ingen förklaring till skördeskillnaden (Szmidt et al, 1988).

## SANERING AV VÄXTHUS, ARBETSMATERIAL M M

Smittovägar in till och inom företaget måste förebyggas av hygienprogram och hygienåtgärder för att minska behovet av drastiska åtgärder med kemiska metoder. Bland de icke-kemiska alternativen tas här upp vatten, ånga och jonisering.

### Vatten

Att använda rent vatten vid sanering är ett icke-kemiskt alternativ. Exempel finns där odlare tvättar mattor i tvättmaskiner, diskar backar i diskmaskiner, använder container-tvätt, högtryckstvättar m m.

### Hetvattenbad

Dr Walter Wohanka (1987) undersökte vid vilka temperaturer och vid vilka tider *Rhizoctonia solani* (en förökningssvamp) och *Cylindrocladium scoparium* (en svaghetsparasit som orsakar vissnesjuka på exempelvis azaleor) avdödas i ett hetvattenbad. Brätten doppades i ett tioliters kar med elektroniskt styrda värmeelement.

Vid 50 °C behövdes tio sekunders behandling för att avdöda *R. solani*. Resultatet kontrollerades med hjälp av odling på agarplattor, 7-14 dagar vid temperaturen 20 °C.

För att avdöda *C. scoparium* krävdes 20 minuter vid 50 °C medan det vid 60 °C bara tog 50 sekunder (se tabell 9).

Tabell 9. Känsligheten hos *Rhizoctonia solani* och *Cylindrocladium scoparium* vid behandling i hetvatten, överlevnadsgrad i % (Wohanka, 1987).

Behandlingstid, sek	R. solani 50 °C	R. solani 60 °C	C. scoparium 50 °C	C. scoparium 60 °C
5	40	0	100	100
10	0	0	100	10
20	0	0	100	10
30	0	0	100	10
40	0	0	100	10
50	0	0	100	0
60	0	0	100	0
300	0	0	100	0
600	0	0	70	0
1200	0	0	0	0
1800	0	0	0	0

### Högtryckstvätt

En högtryckstvätt är användbar både i odlingar där växthusen töms helt ibland eller där kulturen ständigt roterar. Gångar, bord, rännor, fundament o s v kan rengöras med hjälp av en högtryckstvätt.

Clement Mol (1988) beskriver hur flera holländska företag på prov övergått till att använda enbart vatten vid saneringen mellan kulturer. Denna sanering kombineras med biologisk bekämpning av insekter. Den biologiska bekämpningen får en bra start då inga risker för skadliga rester från den kemiska saneringen föreligger.

Rengöring av växthus med enbart vatten förutsätter tillgång till någon form av högtryckstvätt för att nå alla skrymslen och vrår. Det är viktigt att använda rent vatten, kranvatten eller bassängvatten, inte gärna dikesvatten och dylikt som kan medföra smitta (Mol, 1988).

Vid försök att finna alternativa metoder till den kemiska saneringen av växthus provades infrarött ljus, hetvattentvätt och mekanisk rengöring med vatten, borste och tvål. Träfiberplattor, Eterplan, med asbetsfri cement besmittades med *Fusarium oxysporum f. sp. cyclaminis* som orsakar vissnesjuka på cyclamen. De plattor som behandlades med infrarött ljus täcktes med plastfolie och bestrålades. De andra plattorna tvättades med respektive metod.

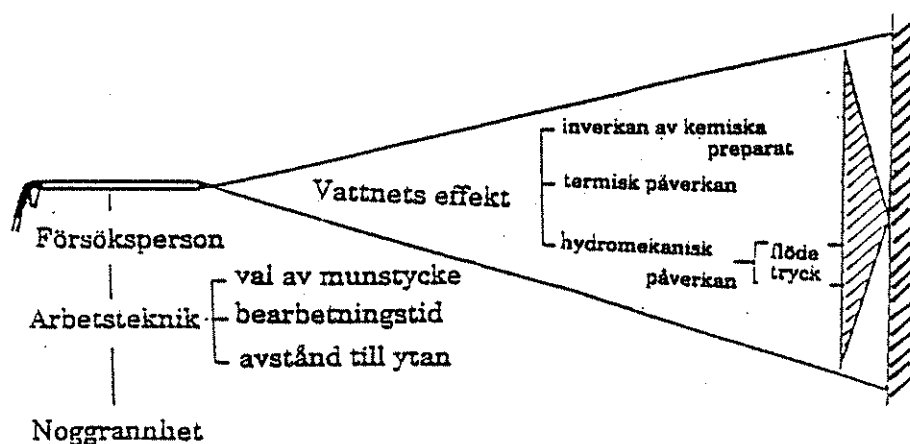
Den mekaniska rengöringen med vatten, borste och tvål visade sig inte ha någon renande effekt. Endast obetydlig skillnad förelåg mellan den rengjorda plattan och den obehandlade nedsmittade kontrollplattan.

De andra behandlingsvarianterna gav bättre resultat men ingen signifikant skillnad kunde påvisas mellan de rengjorda plattorna och de icke nedsmittade kontrollplattorna. Alternativet med hetvattentvätt bedömdes vara bäst. Möjligheten att ersätta den kemiska saneringen med hetvattentvätt bedömdes vara positivt (Voss & Meier).

Vid försök med hetvattentvättar och olika materialtyper framkom det att porösa material typ betong är svår att sanera med avseende på svampsmitta (*Fusarium oxysporum*). Glatta material som aluminiumspröjsar och olika täckningsmaterial som glas och plast gav ett bättre resultat medan textilmaterial befanns mycket svårsanerat.

En hög vattentemperatur gav inget bättre saneringsresultat när prover togs från ytan och odlades på agarplattor. Däremot bör observeras att beläggningar, alger och synlig smuts lättare tvättades bort med varmt vatten och grogrunden för svamp o dyl minimerades (Andersson, 1992).

Hur effektiv rengöringen blir beror på flera faktorer (se fig 12). Strålens slagkraft som är beroende av trycket och vattenmängden har stor betydelse. Vidare har munstyckets spridningsvinkel betydelse. Vid hårt sittande smuts rekommenderas ett munstycke med spridningsvinkeln  $15^\circ$ . Sitter smutsen lösare är ett  $25^\circ$  munstycke användbart (Kjellberg, 1989).



Figur 12. Faktorer som påverkar resultatet av en högtryckstvätt (efter Sobizig & Wirsching, 1987).

Före högtryckstvättningen bör temperaturen och fuktigheten i huset hållas höga. Kulturen bör rivs ut, växtrester hanteras så att risken för spridning av svampsmitta m m minimeras. Slutna behållare bör användas och växtmaterialet bör brännas. Ogräs skall tas bort, även ogräs utanför huset. Mattor och krukor bör avlägsnas (Nilsson, 1990).

Skyddsutrustning skall användas, t ex andningsskydd vid användning av aerosoler.

### Maskiner

En högtryckstvätt som skall användas för tvättning av växthus bör ha en maximal kapacitet på minst 110 bar. Den skall ha steglöst reglerbart tryck då olika underlag tål olika tryck.

Förlängningsrör behövs vid tvättning av taknockar och liknande svåråtkomliga ställen.

Pumpkolvorna skall vara tillverkade av syrabeständigt material om maskinen skall användas till att dosera desinfektionsmedel, tvättmedel eller dylikt.

Tänker man förvara högtryckstvätten i ett icke frostfritt utrymme bör där finnas en bottenventil för att tömma systemet på vatten.

### **Ånga**

Att rengöra och desinfektera krukor, brätten, mattor och annat arbetsmaterial är ett viktigt moment för att förbättra hygienen både i växthus- och frilandsodlingar. Att slänga eller bränna brätten o dyl är ett dåligt alternativ.

Avdödningstemperaturen för svampar och bakterier i torr respektive fuktig värme undersöktes i Norge. Resultatet visade att de svampar och bakterier som orsakar växtsjukdomar inte tål högre än 60-65 °C i fuktig värme. I torr värme var avdödningstemperaturerna högre (se tabell 10) (Sundheim, 1986).

*Tabell 10. Avdödningstemperatur för fyra olika patogena svampar i torr respektive vattenmättad luft, uppvärmningstid 24 timmar (Sundheim, 1988).*

Svampart	Vatten mättad luft, °C	Torr luft, °C
Svartprickröta, <i>Ascochyta cucumis</i>	55	85
Gråmögel, <i>Botrytis cinerea</i>	55	90
Svartrotröta, <i>Phomopsis sclerotoides</i>	55	över 90
Klumprotsjuka, <i>Plasmodiophora brassica</i>	55	

En del plastmaterial kan tåla upp till 80 °C, däröver finns risk för deformation eller annan skada.

Om värme skall användas vid desinfektion är det viktigt att kunna styra både temperaturen och luftfuktigheten. För en effektiv desinfektion rekommenderas en temperatur på 70 °C vid vattenmättad luft (Sundheim, 1986).

### Norsk försökskammare

Under försök i Norge att desinfektera polystyrenbrätten byggdes en värmekammare. Den byggdes med plats för två standardpallar och för brätten staplade till en höjd av 80 cm. Ett visst mellanrum mellan staplarna inräknades för att sörja för god luftcirkulation.

Kammarens invändiga mått var 180 x 200 cm med höjden 240 cm. Väggar, tak och golv isolerades med 20 cm mineralull. Slitytan på golvet var galvaniserat stål. Till innerväggar valdes aluminium och ytterväggarna var stålplattor.

Värmekällan var ett 4.5 kW bastuaggregat med stenkista som placerades innerst och mitt på väggen. En centrifugalfläkt sörjde för lufterörelserna och luftfuktigheten ordnades med vatten direkt på stenarna i stenkistan.

När temperaturen uppmättes mitt i staplarna tog det 24 timmar att uppnå önskad temperatur 70 °C. Brätterna behölls sedan ytterligare 24 timmar i kammaren. Vattenmängden som krävdes var 0.5 l/h första dygnet och 1 l/h det andra dygnet (Sundheim, 1986).

### Värmekammaren Kverken

En vidareutveckling av värmekammaren utfördes av Ole Myhre (pers med, 1991). Han ansåg att desinfektionen i den norska försökskammaren tog för lång tid och frestade onödigt på plastmaterialet.

Istället för en 48 timmars värmebehandling visade försök med utplacerade infekterade tandpetare att det redan efter en timmes värmebehandling var 100% positivt resultat. För säkerhets skull rekommenderas två timmars behandling.

Den sk Kverken är 2.4 m hög och 1.2 m x 3.2 m i ytmått. Innerväggarna är värmeförzinkade stålplattor med PVF på insidan och ytterväggarna är plastbelagda stålplattor. Värmekällan är elektrisk, 17 kW, och vattenförbrukningen är 15-20 liter per omgång dvs per två pallar med brätten.

I Norge hade 1991 den första desinfektionskammaren av detta slag varit i bruk i tre år. Den hyrs ut i Östlands distriktet. Totalt fanns det 1991 sju stycken anläggningar färdiga och tre av dem vid skogsplanteskolor (Myhre, pers med, 1991).

### Värmekammare för container m m

Att rengöra container, backar m m mellan användning i olika avdelningar inom trädgårdsföretaget och vid användning mellan olika trädgårdsföretag är en viktig åtgärd för att minska spridningen av sjukdomar och skadeinsekter.

MJ Argentur, en dansk firma, lanserar ett desinfektionsrum som är stort nog för desinfektion av 12 containers samtidigt. En fläkt recirkulerar luften i kammaren och fördelar värmen för effektiv uppvärmning. Luftfuktigheten hålls på en nivå mellan 95-100% och styrs av en hygrostat och en timer. Det är viktigt med en hög luftfuktighet för att värmen skall spridas maximalt.

Behandlingstiden i kammaren beror på massan. En större massa ger en längre behandlingstid men en onödig förlängning är bara slöseri med energi. I MJs informationsfolder uppges att 1 timmes behandling för standardcontainers 12 CC med normalt hyllavstånd skall vara tillräckligt för att förhindra att skadedjur som trips och vita flygare kommer in i odlingen. Dessa skadegörare avdödas vid en temperatur på 50 °C i några minuter.

Det är viktigt att organisera utrymmet vid desinfektionskammaren så att den rena zonen klart skiljs från den orena zonen (Jager, pers med, 1991).

### **Jonisering**

För att minska användningen av kemikalier vid en sanering föreligger det krav på minskad nedsmittning och smittspridning. Att ensidigt ersätta den kemiska saneringen med ett icke kemiskt alternativ utan att vidta ytterligare hygienåtgärder är inte att rekommendera.

Ett exempel på en metod att minska den luftburna smittan som har rönt en del intresse och även misstro inom den agrara sektorn är jonisering.

Metoden att minska antalet dammpartiklar och mängden mikroorganismer i luften genom jonisering har provats i djurstallar och sjukhus (Wyon, 1991) .

### Partikeldynamik

Mycket små partiklar,  $< 1 \mu\text{m}$ , kan hålla sig svävande p g a att partiklarna kolliderar med varandra och med snabba gasmolekyler i luften. Partiklar större än  $1 \mu\text{m}$  kan häfta vid eventuella föremål i luftströmmen p g a sin tröghet.

Större partiklar,  $10\text{-}20 \mu\text{m}$  får p g a sin tyngd så stor fallhastighet att uppehållstiden i atmosfären förkortas.

### Teknik

För att alstra joner används en korona. Det är en spets eller en fin tråd över vilken en spänning läggs på ( $< 6 \text{ kV}$ ) för att få aktiva elektroder. Likström används för att få en kontinuerlig alstring av joner. Då spänningen är hög bör strömmen vara svag för att få ett ofarligt system.

En negativ korona alstrar negativa joner. Den ultravioletta strålningen som avges när ström flyter genom den aktiva elektroden ger upphov till fler joniserade molekyler i luften.

När de positiva luftmolekylerna rör sig mot den aktiva elektroden kolliderar de och bildar fler fria elektroner och positiva joner. De negativa jonerna och de fria elektronerna repellerar varandra och rör sig från det aktiva elektron området mot den passiva elektroden. Hastigheten beror på dess laddning och det elektriska fältets styrka. Negativa joner rör sig snabbare än positiva.

Kollektorplattor kan placeras ut för att styra var damm och andra partiklar skall hamna.

#### Jonisering av luft i stallar

I ett försök som genomfördes i ett slaktsvinstall i Danmark undersöktes hur luftens innehåll av damm kunde påverkas med jonisering. Man fann en signifikant reduktion av damm. För inandningsbart damm var reduktionen 26% och damm i allmänhet 23%.

Luftens innehåll av svamp och bakterier undersöktes med hjälp av uppsamling och odling på agarplattor. Här blev resultatet något tvetydigt. I försöksperiod ett var reduktionen 57% med jonisering, men i försöksperiod två var det i stället en ökning i mängden mikroorganismer med 27 % med jonisering. Man fann ingen förklaring till resultatet (Møller, 1991).

Jonustrustning har installerats i många häststallar i Danmark p g a att tekniken anses förbättra luftkvaliteten. Enligt Transjonic som säljer jonustrustning ligger effektivitetstoppen vid partiklar i storleken 0.01 mikrometer, vilket är storleksordningen för de flesta virus (Gustafsson, 1991).

#### Jonisering av luft i tomatodling

Ett försök med jonisering genomfördes i en tomatodling. Tillväxten, hälsotillståndet, skördemängden, kvaliteten samt ekonomin utvärderades.

Småplantornas reaktion på behandlingen var en ökad tillväxt på höjden med 50 till 75 %. Fullväxta tomatplantor producerade tätare blomsterklasar. Skörden kunde påbörjas två veckor tidigare i den behandlade avdelningen jämfört med kontrollodlingen dessutom var skörden 27 % större i den behandlade odlingen.

En laboratorieundersökning visade att tomaterna från den behandlade odlingen generellt innehöll högre halter av mineralämnen, askorbinsyra och citronsyra. En smakpanel fick prova tomater från de två olika odlingarna och bedömningen blev att tomater från odlingen med joniseringsförsöket hade bättre smak.

En oväntad effekt upptäcktes. Vita flygare som terroriserade kontrollodlingen höll sig i stort sett ifrån den joniserade avdelningen så länge systemet var påslaget. På försök stängdes utrustningen av i tio dagar. Vita flygare började mot slutet av tio-dagarsperioden ta odlingen i besittning. När systemet reaktiverades reducerades populationen av vita flygare igen.



Odlingen drabbades av virus, vissnesjukan. I avdelningen med joniseringsförsöket slängde man ut 25 % av plantorna p g a sjukdom. I kontrollavdelningen slängdes 10 % av plantorna ut (Yamaguchi, 1985).

## Vattenrening

Att sterilisera råvatten, dräneringsvatten och recirkulerande näringslösning är en mycket viktig åtgärd för att minska smittspridningen till och inom företaget

Det är viktigt att reningen sker så nära källan till bakterier eller andra mikroorganismer som möjligt. Exempel på smittkällor är råvatten, odlingssubstrat, luft, människor, redskap osv. Råvatten skall renas före det tas in i systemet och uppblandas med näringsämnen (Vestergård, 1988).

En sterilisering av vattnet bör eliminera svamp, virus, bakterier och nematoder. Är det en näringslösning som renas bör metoden dessutom oxidera fytotoxiska organiska kemikalier som fungicider och pesticider, rotexsudat som socker och hormoner, anaerobiska förruttnelseprodukter från alger och andra organiska sammansättningar. Det finns flera metoder för sterilisering eller pastörisering av råvatten, dräneringsvatten och näringslösningar.

## Mekaniska metoder

### Filter

Att filtrera vattnet genom ett filter är tekniskt fullt möjligt. Används ett filter med maskstorleken 0.1-0.2  $\mu\text{m}$  kan patogener hållas kvar. Denna metod kräver en stor pumpkapacitet för att få igenom vattnet. Dessutom behöver filtret rengöras (Vestergård, 1988). Försök i Nederländerna har dock visat att att konidier av *Fusarium* och *Verticillium* har passerat genom filter med masktätheten 0.1-0.5  $\mu\text{m}$ . Med en maskdiameter på 0.05  $\mu\text{m}$  stoppas svamparna men detta filter sätter igen alltför lätt för att kunna användas i praktisk odling (Myser et al, 1992).

Används ett ultrafilter med pordiametern 0.001  $\mu\text{m}$  hindras patogener men näringslösningen får passera. Runia (1988) gjorde försök med att filtrera dräneringsvatten som smittats med tobaksmosaikvirus, *Fusarium* och *Verticillium* (se tabell 11). Vattnet blev fritt från de svampar och virus som fanns med i dräneringsvattnet.

Tabell 11. Infektionsfrekvens hos plantor vattnade med nedsmittat dräneringsvatten filtrerat genom ett mikrofilter (Runia, 1988).

Svampar och virus	Infektionsfrekvens, påverkade plantor /testade plantor obehandlat vatten	Infektionsfrekvens angripna plantor /testade plantor mikrofiltrerat vatten
Tobaksmosaikvirus	6/6	0/6
Fusarium	100/100	0/100
Verticillium	88/100	0/100

Ultrafiltrering fungerar dock ännu inte praktiskt p g a igensättning av membranet (Myster et al, 1992).

### Ultraljud

Ultraljud är också en metod som tekniskt kan användas för att döda mikroorganismer. Metoden är dock energikrävande och om den används i närheten där människor befinner sig måste enheten isoleras väl för att inte orsaka skador på hörselsinnet (Vestergård, 1988).

### Värme

En pastörisering av vätska genom uppvärmning är en väl beprövad metod inom flera områden. Det finns olika tekniska lösningar för uppvärmning som ånggenerator, elektriska värmare, mikrovågor m m. Bäst är det om värmen som används är spillvärme eller återanvändbar värme (Vestergård, 1988).

En värmeväxlare är ett energimässigt bra alternativ. Det ingående kalla, orena vattnet värms upp av det renade, utgående varma vattnet. Det är viktigt att det utgående vattnets temperatur sänks till en användbar nivå. Det vatten som skall renas bör uppnå en temperatur på 95 °C i 30 sekunder. Eventuella näringsämnen i vattnet påverkas inte av uppvärmningen (Runia, 1991).

Runia (1988) provade några vanliga svampars och virus infektionsförmåga efter uppvärmning av dräneringsvatten i 10 sekunder genom värmeväxling (se tabell 12). Försöket visar att man redan vid 10 sekunders uppvärmning av vattnet når en god reningsgrad.

Tabell 12. Infektionsförmågan hos nedsmittat vatten som uppvärmts genom värmeväxling (Runia, 1988).

Svampsjukdomar och virus	Infektionsfrekvens	Infektionsfrekvens	Temp
	infekterade plantor /testade plantor	infekterad plantor /testade plantor	°C
	obehandlat vatten	värmebehandlat vatten	
Tobaksmosaikvirus	6/6	0/6	97
Fusarium	100/100	4/100	94
Verticillium	88/100	0/100	90

### Strålning

Inom detta område finns fem möjligheter; gammastrålning, röntgenstrålning, ozon, UV-strålning och IR-strålning.

#### Gammastrålning och röntgenstrålning

Det har inte förekommit någon större försöksverksamhet inom den hortikulturella sektorn vad gäller gammastrålning. Orsakerna är flera ett exempel är mutationer av mikroorganismer som uppstår efter en tids bestrålning. De muterade organismer tolererar strålningen och verkan av behandlingen förtas. Ett annat exempel på problem med gammastrålning är att källan till gammastrålningen, oftast kobolt eller cesium, inte kan hanteras hur som helst dels på grund av hälso-risker och dels på grund av den fara som föreligger vid missbruk.

Även röntgenstrålning är en tekniskt användbar reningsmetod. Men även denna möjlighet faller på säkerhetsrisk och ekonomiska realiteter (Vestergård, 1988).

#### Ozon-rening

Ozon är ett kraftigt oxidationsmedel. Vid tillförsel av ozon till vatten eller näringslösning sker en oxidation av organiskt material och en reduktion av ozon till syre. Ozon har en fördel genom sitt breda aktivitetsspektrum mot den totala parasit populationen hos växter. Metoden att använda ozon vid rening av vatten används inom flera områden exempelvis vid rening av vatten i simbassänger och vid rening av dricksvatten och avloppsvatten (Vanachter et al, 1988).

Vid ett laboratorieförsök med ozonbehandling av vatten och näringslösning användes en "photzone"-apparat för att generera ozon. När luft eller syre passerar en UV-lampa sker en fotokemisk reaktion p g a energin i UV-strålningen. Resultatet blir en gas som består av 66.7 % ozon. I försöket lät man 16 l syre/timme passera "photozone"- apparaten. Gasblandningen som blev resultatet leddes ned i en behållare med volymen 15 liter. Omrörning skedde under tiden för att uppnå bästa kontakt mellan gas och lösning.

Vattnet och näringslösningen som skulle behandlas infekterades med konidier från svampen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* och bakterien *Corynebacterium michiganense* som båda orsakar stambas- och rotröta hos tomater. Den biologiska aktiviteten mättes efter olika behandlingstider.

Resultatet visade att ozonbehandling av vatten och näringslösning är effektivt vad gäller svamp (*F. oxysporum*) och bakterier (*C. michiganense*). En viktig faktor för att uppnå ett bra resultat är dock att ett järnchelatat används som inte påverkas av oxidationsprocessen (Vanachter et al, 1988).

Runia (1991) skriver att det vid de flesta tillfällen i praxis är tillräckligt med 10 gram ozon per kubikmeter vatten och per behandlingstimme för att uppnå ett resultat där bakterier som *Pseudomonas* och *Entero* är fullständigt avdödade och där mängden organiskt material är reducerat med 99.99 %. Det påpekas att vatten som innehåller få oxiderande föreningar kräver kortare behandlingstid.

### Ultraviolett-ljus

Ultraviolett ljus alstras normalt av en lågtrycks-kviksilver fluorescerande tub som har en hög utsändning av strålning i våglängden 253 nm. Det är i praktiken omöjligt att uppnå en 100 % rening av näringslösning och vatten med UV-ljus (Vestergård, 1988).

Flera faktorer bör uppmärksammas för att uppnå så bra rening som möjligt. Rent tekniskt är det exempelvis viktigt att hålla temperaturen på tubens väggar runt den optimala temperaturen 40 °C. Vidare bör reflektorn vara av aluminium då en 45 % bättre effektivitet kan uppnås. En reflektor av rostfritt stål reflekterar bara 20 % av strålningen vid 245 nm jämfört med en i aluminium som reflekterar 87 % (Vestergård, 1988).

Behandlingstidens längd är ännu en viktig faktor. Bakterier och virus avdödas eller neutraliseras relativt enkelt medan de flesta svampar och alger kräver längre behandling för att immobiliseras.

Vätskans salinitet och joninnehåll påverkar resultatet av en behandling med UV-ljus. I en normal näringslösning har man en ganska hög adsorbtionsgrad p g a detta.

Vätskans färg är också viktig för adsorbtionsgraden. Färger adsorberar stor del av UV-ljuset och minskar effekten av behandlingen.

Det är viktigt att vätskan förfiltreras för att ta bort alla partiklar större än  $5\text{ }\mu\text{m}$ . Detta p g a att de mikroorganismer man önskar eliminera kan gömma sig bakom dessa partiklar och på så vis undgå bestrålningen (Vestergård, 1988).

### Biologiska filter

Att rena råvattnet, dräneringsvattnet eller näringslösningen med ett biologiskt filter har provats. Simontorp Aquacultures AB har konstruerat ett slags biologiskt filter som är en tank uppdelat i flera sektioner. Sektionerna är fyllda med grus där det tillsatts bakterier. Bakterierna sitter som en tunn hinna på gruset och skall bryta ned organiska föroreningar. Svårigheten med ett biologiskt filter är att veta när och hur ofta det skall rengöras för att vara mest effektiva (Myster et al, 1992).

## DISKUSSION

Att bedriva växthusodling utan att använda kemikalier vid sanering och bekämpning ställer stora krav både på odlarens kunskaper, företagets planering, byggnadernas utformning och personalens inställning. Metoderna som finns för icke-kemisk rengöring och sanering kräver en helhetssyn med allt vad det innebär ifråga om förebyggande åtgärder och hygien.

Det är viktigt att tänka igenom hela företaget. Eliminera smittvägar och minimera smittspridning, internt och externt. För ideér och råd se Hans Bjärståls rapport som publiceras i serien SLU/Trädgård under våren -93.

Vid val av en ny metod eller vid granskning av befintlig saneringsmetod bör man fundera över hur arbetsmiljön i växthuset påverkas. Vid en sanering med kemikalier kan man fråga sig om det används onödigt starka kemikalier, återstår någon rests substans och i vilken mängd, som utgör olägenheter för de personer som arbetar i växthuset? Mer forskning behövs för att ta reda på vad som återstår efter en kemisk åtgärd i växthuset och vilka effekter eventuella rests substanser har på människan.

Icke kemiska saneringsmetoder innebär både för- och nackdelar för arbetsmiljön. Man slipper hanteringen av kemikalier och eventuella problem med rests substanser men om man tar en hetvattentvättning av ett växthus som exempel, kan man fundera över risken för belastningsskador. Arbetet med en högtryckstvätt är både fysiskt krävande och medför monotona rörelser i obekväma ställningar. Dessutom drivs de flesta högtryckstvättar med diesel och avleds inte avgaserna på ett tillfredställande sätt utgör de en hälsorisk.

Hänsyn bör även tas till påverkan av den yttre miljön. Hur mycket energi går åt till att sanera med exempelvis en hetvattentvätt? Påverkar den energiförbrukningen miljön mer eller mindre än den energimängd som går åt till att framställa ett kemiskt saneringsmedel? Vilka rests substanser och i vilken mängd kommer ut i miljön vid en sanering med kemiska preparat? Det är ingen självklarhet att ett icke-kemiskt saneringsalternativ är bättre för den yttre miljön än en väl genomförd och befogad kemisk sanering.

En miljökonsekvensbeskrivning för olika saneringsalternativ borde genomföras. Det är inte realistiskt att tro att varje enskild odlare skall kunna undersöka miljökonsekvensen för de olika saneringsalternativ.

Det är flera faktorer att tänka på när man som odlare ska välja sanerings- och rengöringsmetod. Hur arbetskrävande är metoden och hur mycket arbetskraft finns att tillgå? Är odlingen säsongsbetonad som en tomat- eller gurkodling kan ett mer arbetskrävande saneringsmoment av odlingssubstratet sysselsätta fast anställd personal under lågsäsongen. I ett företag där växthusen aldrig är tomma

utan fylls på kontinuerligt kan en total sanering vara svår att genomföra. I stället kan företaget satsa på förebyggande åtgärder som ett rent odlingssubstrat och kontinuerlig rengöring av ytor och arbetsredskap.

Den ekonomiska aspekten är viktig. Kostnaden för utrustning, arbetskraft och energi måste beräknas. Dyr utrustning kan bli lönsam genom en rationell hantering t ex vid rening av substrat och arbetsmaterial .

Av de olika metoder som idag finns för rening av odlingssubstrat är mikrovågsbehandling kanske den mest intressanta vad gäller en snabb och energieffektiv hantering. Det är en teknik som relativt enkelt skulle kunna placeras in i en maskinell hantering vid rening av krukjord och återanvändning av artificiellt substrat. Metoden är dock inte komersiellt aktuell i dagsläget, mer forskning och produktutveckling med avseende på trädgårdsföretagets specifika behov behövs.

Olika metoder för att ånga odlingssubstratet är däremot en teknisk lösning som väl kan passa ett mindre till medelstort företag om behovet av arbetskraft kan lösas.

Användning av värmebehandling av brätten, mattor, containers m m i en värme-kammare ger en möjlighet att minska skadeinsekterna i odlingen och att minska det totala smittotrycket.

Det ökade kravet på recirkulerande dräneringsvatten och näringslösning har ökat behovet av bra reningsmetoder för vatten och näringslösning. Att utvärdera de olika metodernas för- och nackdelar generellt skulle inte ge så mycket då företags specifika förutsättningar som råvattenkvalitet och kulturval spelar stor roll.

Ett ökat hygien tänkande i odlingen kan i många fall säkert vara befogat. Utbildning av personal är ett sätt att nå en ökad standard på hygien. Att dessutom ha väl genomtänkta rutiner som ej uppfattas som en ökad belastning för personalen är viktigt.

Genom att gradvis införa olika icke-kemiska rengöring- och saneringsmetoder i kombination med en ökad hygienstandard finns möjligheten att sänka det totala infektionstrycket inom odlingen. Kemiska medel, både vid bekämpning och sanering skulle man i framtiden då bara behöva och tillåtas använda vid enstaka tillfällen.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology 3 ed.* Academic Press Inc. San Diego, California.
- Andersson, B. 1992. *Sanering av växthus med högtryckstvätt.* Sveriges Lantbruksuniversitet, Info/trädgård rapporter, Alnarp. Trädgård 373.
- Arbetskyddsstyrelsen. 1987. *Högfrekventa elektromagnetiska fält* (Arbetskyddsstyrelsens författningssamling (AFS) 1987:2). Stockholm.
- Baker, K. F. & Fuller, W. H. 1969. Soil treatment by microwave energy to destroy plant pathogenes. *Phytopathology* 59, 193-197.
- Baker, K.F. 1962. Principles of heat treatment of soil and planting material. *The Journal of Australian Institute of Agricultural Science June*, 118-126.
- Belker, N. 1988. Bodenentseuchung bis in Tiefen von 80 Zentimeter. *GW+GB Nr 21*, 912-914.
- Berndt, T. & Söderhjelm, P. *Industriell mikrovågsvärmning.* Kurslitteratur. P. Söderhjelm, Konsult AB, Box 19002, 104 32 Stockholm.
- Bertmar, H. 1989. Ånga åter till heders. *Viola Trädgårdsvärlden* 43, 26 oktober.
- Bollen, G. J. 1969. The selective effect of heat treatment on the microflora of a greenhouse soil. *Neth. J. Pl. Path.* 75, 157-163.
- Bordenave, M. & Veschambre D. 1990. Culture sur substrat et environnement. *Infos- Ctifl no 60 april*, 8-10.
- Brøndbo, K. 1990. Vakuum og damp gir bedre desinfisering. *NL* 20, 23-24.
- Christensson, H. 1989. Destruktion eller återanvändning av stenull. Litteraturreferat från van Duyn, P. Grodan heeft recycling steenwol technisch rond Weekblad Groenten en fruit 1989 (9), 30-31. Anonym 1989. Klinkende oplossing voor steenwolafval G+F 1989 (9), 11. *Fakta Trädgård nr 734.*
- Dawson, J. R. 1972. A Mobile Grid for Steam Sterilizing Glasshouse Soils. *J. agric. Engng Res.* 17, 252-260.
- Diprose, M. F., Lyon, A. J. E & Hackman, R. 1978. Partial soil sterilization and soil and leaf moisture content measurement by microwave radiation. *Proc. British Crop Protection Conference- Weeds, Brighton* 2, 491-498.
- Diprose, M. F. & Evans, G. H. 1988. Soil partial sterilisation by dielectric heating. *Institution of Agricultural Engineers Jubilee Conference Engineering advances for agricultural and food. Robinson College, Cambridge* 12, Jubilee Conference, 363-364.
- Domke, O. 1986. Unterdruck-Dämpfenstatt Bodenentseuchung. *Gb + Gw* 13, 520-521.



- Ekbohm, L. 1976. *Tabeller och formler N T Te*, Esselte Studium AB, Esselte Herzogs, Nacka 1976.
- Ferriss, R. S. 1984. Effects of microwave oven treatment on microorganisms in soil. *The American Phytopathological Society* 74 (1), 121-126.
- Gustafsson, K. 1991. Många bud om jonisering. *Lantmannen* 10, 12-13.
- Heald, C. M. & Wayland, J. R. 1975. Factors affecting the control of *Rotylenchulus reinformis* with UHF electromagnetic energy. *J. Nematology* 7 (2), 171-174.
- Hitchon, G.M., Hall, D.A. & Szmidt R. A. K. 1991. Growing in Perlite. *Grower Digest Series no 12*, General Editor Day, D. Grower Publications Ltd, London, 26-30.
- Lechowich, R. V., Beuchat, L. R., Fox & Webster, F. H. 1969. Producer for evaluating the effects of 2,450 megahertz microwaves upon *Streptococcus faecalis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology* 17 (1), 106-110.
- Kjellberg, L. 1989. Sanering i krukväxtodling. *Trädgårdsrådgivning odl.* 12.
- Mai, W.F. 1958. Effectiveness of di-electric heat in killing encysted golden nematode larvae. *Plant disease reporter* 42 (4), 449-450.
- Mayers C. P. & Habeshaw, J. A. 1973. Depression of phagocytosis: a non thermal effect of microwave radiation as a potential hazard to health. *Int J. Radiat. Biol.* 24 (5), 449-461.
- Mol, C. 1988. Reinigen van de kas-Goede ervaringen met alleen water. *Tuinderij* 22, 15.
- Møller, F. 1991. *Støvereduktion i stalde ved ionisering*. Bygholm, 8700 Horsens Statens jordbrugstekniske forsøg, Orientering nr 74.
- Moore, G. M., Hall, R. G. & James, E. A. 1982. Pasteurization of growing media by microwave radiation. *International Plant Propagator's Society Comb. Proc.* 32, 45-55.
- Moore, G. M., Hall, R.G. & Price, J. 1981. Sterilisation of potting media by microwave radiation. *Australian Horticulture*, October, 45-52.
- Moosmann, A. & Koch, W. 1988. Soil disinfection by microwaves with special reference to weed control. *Weed control in vegetable production proceedings of a meeting of EC experts. Group Stuttgart 28-31 oct 1986*, 187-193.
- Myster, J., Grimstad, S., Gislerød, H. R. & Bævre, O. A. 1992. 2. Fysiske og biologiske metoder for desinfeksjon av næringsløsning i veksthus. *Gartneryrket* 3, 20-21.
- Nederpel, L. 1979. Soil sterilization and pasteurization. Reprint from *Soil Disinfection* ed. Mulder, D. Elsevier Scientific publishing Company, Amsterdam, 29-37.

Nilsson, L. & Åhman, G. 1987. *Kompendium i växtpatologi sjukdomar hos trädgårdsväxterna*. Kurslitteratur, Inst. för Växt- och Skogsskydd, Alnarp.

Nilsson, U. 1990. *Saneringsstrategier i växthus - intervju- och enkätundersökning*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport 61.

Runia, W. Th. 1983. A recent development in steam sterilisation. *Acta Horticulturae* 152, *Soil Disinfestation*, 195-200.

Runia, W. Th. 1986. Disinfestation of substrates used in protected cultivation. *Soiless Culture* 2 (1), 35-44.

Runia, W. Th. 1988. Methoden ontsmetten drainwater voor hergebruik getest. *Vakblad voor de Bloemisterij* 51-52, 116-117.

Runia, W. Th. 1991. Betrouwbare onsmetting (drain)water. *Vakblad voor de Bloemisterij* 3, 20-22.

Sobzig, J. & Wirsching, G. 1987. Dynamische Einflussfaktoren auf die Kaltwasserhochdruckreinigung. *Agritechnik, Berlin* vol 37 (19), 468-470.

Sundheim, L. 1986. Varme som desinfektionsmiddel mot soppar. *Gartneryrket* (76), 610-617.

Sundheim, L. 1988. Fuktig varme drep sopp- og bakteriesmitte. *Gartneryrket* (4), 125.

Svennebrink, J. *Microwave heating*. Institute of microwave technology, P.O. Box 70033, S-10044 Stockholm, Sweden.

Szmidt, R. A. K., Hall D. A. & Hitchon, G. M. 1988. Development of Perlite culture systems for the production of greenhouse tomatoes. *Acta Horticulturae* 221, *Substrates*, 371-378.

Szmidt, R. A. K., Hitchon, G. M. & Hall, D. A. 1989. Sterilisation of Perlite growing substrates. *Acta Horticulturae* 255, *Soil Disinfestation*, 197-204.

Wainwright, M., Killman, K. & Diprose, M. F. 1980. Effects of 2450 MHz microwave radiation on nitrification, respiration and s-oxidation in soil. *Soil Biol. Biochem* vol 12, 489-493.

Vanachter, A., Lieve, T., van Wambeke, E. & van Assche, C. 1988. Possible use of ozon for disinestation of plant nutrient. *Acta Horticulturae* 221, *Substrates*, 295-302.

van Assche, C. & Uytterbroeck, P. 1983. Possibilities of microwaves in soil disinfection. *EPPO Bull* 13 (3), 491-497.

van Dijk, G. J. 1990. Stomen van steenwol moet goed gebeuren. *Weekblad Groenten en Fruit* 3 augusti 1990, 32-33.

- van Wambeke, E. Vanachter, A., Van Assche, C. & Wijsmans, J. 1981. Alternatives for chemical crop growing substrate disinfestation. *Med. Fac. Landbouww. Rijksu-niv. Gent* 46(3), 961-976.
- van Wambeke, E., Wijsmans, J. & d'Hertefelt, P. 1983. Possibilities in microwave application for growing substrate disinfestation. *Acta Horticulturae* 152, *Soil Dis-infestation*.
- Vela, G. R. & Wu, J. F. 1979. Mechanism of lethal action of 2450 MHz radiation on microorganisms. *Applied and Enviromental Microbiology* 37 (3), 550-553.
- Vestergård, B. 1988. Sterilization of water and nutrient solutions. *Acta Horticultu-rae* 221, *Substrates*, 303-314.
- Voss, J. & Meier, U. Die möglichkeiten nichtchemischer Hygienemassnahmen bei der Pflanzenproduktion unter Glas. *Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe für botenische Mittelprüfung, Braunschweig*.
- Wohanka, W. 1987. Desinfektion mit heissem Wasser. *Deutscher Gartenbau* 9, 556.
- Wyon, D. P. 1991. Fältprovning av åtgärder mot SBS på vårdavdelningar vid MAS. *Bygg & teknik* 3, 29-31.
- Yamaguchi, F. M. 1985. Air ion stimulation effects on tomato plants grown in com-mercial soiless culture greenhouse. *Soiless culture vol 1 (1)*, 35-53.
- Zagal, E. 1987 *Effects of microwave radiation on microorganism activities in soil*, Uppsala Sveriges lantbruksuniversitet.

### **Personliga meddelanden**

- Diprose, M. F. 1992. Seminarium, Alnarp
- Myhre, O. 1991. Syllinge Gård, Syllinge, Norge.
- Jager, M. 1991. MJ Agentur. Ingeniør & Handelsfirma, Rye, Danmark